# MÉMOIRE

SUR L'ÉVOLUTION

# DE LA NOTOCORDE

## DES CAVITÉS DES DISQUES INTERVERTÉBRAUX ET DE LEUR CONTENU GÉLATINEUX

Lu à l'Académie des Sciences le 6 mai 1867.


PAR CHARLES ROBIN

MEMBRE DE L'INSTITUT DE FRANCE (ACADÉMIE DES SCIENCES)
ET DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
PROFESSEUR D'HISTOLOGIE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE


AVEC DOUZE PLANCHES GRAVÉES


PARIS

J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MÉDECINE
Rue Hautefeuille, 19.

1868

INSTITUT IMPÉRIAL DE FRANCE.

# MÉMOIRE

SUR

# L'ÉVOLUTION DE LA NOTOCORDE

## DES CAVITÉS DES DISQUES INTERVERTÉBRAUX ET DE LEUR CONTENU GÉLATINEUX

PAR M. CH. ROBIN

Lu à l'Académie des Sciences le 6 mai 1867.

(EXTRAIT DU TOME XXXVI DES MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.)

Le but de ce Mémoire est d'exposer dans l'ordre de leur succession évolutive un certain nombre de faits qui se rapportent :

1° A la constitution de la *corde dorsale* (1) *des mammifères*, *l'homme compris*, depuis l'époque de l'apparition de cet organe jusqu'à celle de sa disparition ;

---

(1) *Corde dorsale ou spinale*, *chorda dorsalis* (BAER, *Entwickelungsgeschichte der Thiere;* Kœnigsberg, 1828; in-4°, erster Theil, p. 15, et zweiter Theil, p. 208), et *Développement des oiseaux* dans BURDACH, *Physiologie,* traduction française, Paris, 1838; in-8°, t. III, p. 208.

Corde de substance molle que les vertèbres entourent comme des anneaux

2° Au mode de naissance, aux caractères et au mode de disparition de la substance gélatineuse des disques intervertébraux et des cavités qui la renferment ;

3° Aux caractères, à la nature et aux modifications graduelles des cellules de la corde dorsale qui concourent à la constitution de cette substance gélatineuse.

Chacun de ces ordres de faits formera le sujet des parties en lesquelles se divise ce travail.

---

chez l'esturgeon, le polyodon, la chimère, la lamproie, etc.... (Cuvier, *Anatomie comparée*, 1800.)

*Chorde* ou *corde dorsale* et *cordon gélatineux de la colonne vertébrale*, de divers auteurs.

*Corde vertébrale* (Valentin, Bischoff, etc.).

*Notocorde* (Richard Owen, *Principes d'ostéologie comparée*, trad. franç. Paris, 1855 ; in-8°, p. 181.)

# PREMIÈRE PARTIE

## DE LA NOTOCORDE DEPUIS SON ENTIER DÉVELOPPEMENT JUSQU'A SA DISPARITION.

---

## CHAPITRE PREMIER

### *Description générale de la Notocorde.*

La notocorde est un organe en forme de filament cylindrique, de structure celluleuse, d'origine embryonnaire ou blastodermique. Il apparaît dans le grand axe de la *tache* ou *aire embryonnaire* dans l'épaisseur du tissu de celle-ci, en même temps à peu près que la *gouttière ou ligne primitive* dont il occupe le fond et toute la longueur. Sur beaucoup de mammifères, mais non sur tous (Rats), il est légèrement renflé en massue (1) à son extrémité céphalique, qui s'étend jusqu'au niveau des vésicules auditives, à la place qu'occupera le cartilage de l'apophyse basilaire de l'occipital, immédiatement en arrière de celle qui sera occupée par le cartilage du corps du sphénoïde. Un peu aminci à son extrémité postérieure ou caudale, cet organe forme un cordon parfaitement cylin-

---

(1) *Bouton de la corde dorsale,* arrondi chez les oiseaux (Baer, *loc. cit.*, et dans Burdach, *Physiologie*, traduction française; Paris, 1838; in-8°, t. III, p. 208 et 209), où il occupe le milieu de la base du crâne.

drique et d'une épaisseur qui reste à peu de chose près de 5 centièmes de millimètre dans toute sa longueur, quand son extrémité céphalique n'est pas un peu renflée, comme sur le mouton (1).

Le corps cartilagineux de l'apophyse basilaire, celui de l'apophyse odontoïde et celui de chaque vertèbre naissent

---

(1) Baer (dans Burdach, *loc. cit.*, 1838, t. III, p. 208, et *Entwickelungsgeschichte*; Kœnigsberg, 1828; in-4°, p. 15) s'exprime ainsi, à propos du développement des oiseaux : « Avec les lames dorsales se forme encore une autre partie que je nomme *corde dorsale ou spinale.* C'est une bandelette qui suit l'axe de la colonne vertébrale future, et, par conséquent, de l'embryon entier. Elle se compose d'abord d'une simple *série de globules foncés en couleur* qui sont plus serrés du côté de l'extrémité antérieure, et plus écartés les uns des autres à l'extrémité postérieure. Elle acquiert ensuite plus d'épaisseur et de solidité parce que le nombre des globules qui la constituent va toujours en augmentant. L'extrémité antérieure prend de bonne heure la forme d'un bouton arrondi, beaucoup plus épais, de sorte que, dès la fin du premier jour, la corde dorsale ressemble à une épingle très-déliée, munie d'une petite tête. Elle conserve aussi cette apparence plus tard, tout en devenant peu à peu plus forte et en se courbant comme l'embryon entier. Cette corde correspond évidemment à la colonne cartilagineuse qui se trouve pendant toute la vie dans le rachis de quelques poissons cartilagineux. Dans le poulet aussi, de même que chez ces derniers, les corps vertébraux s'appliquent autour du cylindre, de sorte que, jusqu'à la moitié du développement, époque à laquelle celui-ci devient peu à peu plus fort, on peut le retirer des corps vertébraux comme un ruban.... Or la corde dorsale est ce que tous les observateurs qui prétendent avoir vu la moelle épinière de très-bonne heure ont pris pour cet organe ; car il n'y a aucune trace de moelle épinière comme corps solide avant la soudure des lames dorsales. » La notocorde ne se trouve pas à proprement parler à nu au fond de la gouttière primitive, comme semblent l'indiquer quelques auteurs. Elle apparaît en même temps que débute la formation du *sillon primitif* et elle est séparée du fond de celui-ci : 1° par la rangée la plus externe des cellules du blastoderme ; 2° par une double ou triple rangée de

autour de la corde dorsale comme centre, de telle sorte que jusqu'à l'époque de l'ossification du corps des vertèbres, tous ces centres vertébraux sont traversés par ce cordon jusqu'à la dernière vertèbre coccygienne inclusivement, comme un fil traverse les grains d'un chapelet.

Les cartilages du corps de chaque vertèbre sont séparés les uns des autres par des espaces réguliers presque aussitôt occupés par le tissu des disques intervertébraux. Lors de la génération de ce tissu, la notocorde se renfle vers le centre de ces disques, sa gaîne se dilate sous forme de gonflements ovoïdes ou lenticulaires, réguliers ; en sorte que cet organe, qui représente alors l'axe réel de la colonne vertébrale et s'allonge en même temps qu'elle, est d'une manière régulière alternativement renflé et parfaitement cylindrique. Ici son diamètre ne change pas. La notocorde constitue ainsi un filament clair, renflé au niveau des disques intervertébraux, et qui reste mince dans ses portions qui traversent les cartilages du corps des vertèbres, comme il était partout auparavant.

Bientôt l'ossification du centre des vertèbres interrompt

---

cellules et de noyaux libres notablement différents des cellules de la rangée précédente. L'étude de l'évolution ultérieure de cette deuxième rangée montre que c'est de celle de ses portions qui repose sur la notocorde (avec interposition d'une mince couche de substance amorphe) que dérive le système nerveux central. De chaque côté de la notocorde se trouve un amas ou feuillet plus épais que les deux premiers, d'abord encore formé de cellules embryonnaires, mais déjà mélangées de noyaux embryo-plastiques lors de l'apparition de la notocorde (chez les mammifères du moins) et bientôt entièrement composé de ces noyaux avec un peu de matière amorphe interposée.

(pl. III, fig. 7, *j*, *k*) la continuité des portions de la notocorde restées cylindriques et ne laisse plus de cet organe que les cavités intervertébrales, qui continuent à s'agrandir pour disparaître ensuite plus ou moins tôt, suivant les espèces de mammifères, au sacrum, au coccyx et même dans tous les espaces intervertébraux chez quelques-uns.

Sur de très-petits embryons, tels que ceux de vache, etc., longs de 4 à 5 centimètres, à compter de la tête jusqu'à la racine de la queue, on peut constater que l'apparition des points d'ossification offre les particularités suivantes. Le dépôt de granules phosphatiques, plus opaques que le cartilage, se fait dans les interstices des chondroplastes, dont les dimensions sont encore petites. L'époque à laquelle commencent à se former les ostéoplastes est celle où ce dépôt représente un amas central ovoïde en travers, ou arrondi, d'abord grenu, pâle, puis apercevable à l'œil nu, opaque sous le microscope, et qui interrompt la notocorde. Avant cette époque, il forme vers le milieu de la hauteur de la vertèbre une petite tache demi-transparente, mais notablement moins translucide que le reste du cartilage; elle est due à la première formation de la substance fondamentale de l'os à l'état de granules entre les chondroplastes, sans qu'il y ait encore d'ostéoplastes formés; on ne peut, par conséquent, pas nommer encore ces taches des *points d'ossification*. Chaque tache est plus claire dans l'axe de la vertèbre, au niveau de la notocorde, que sur ses côtés, et paraît ainsi double ou bilobée, surtout si l'on comprime la préparation.

Jusqu'à cette époque la corde dorsale se compose:

1° De la *notocorde proprement dite*, filament plein, gri-

sâtre, composé de cellules nucléées, polyédriques, finement granuleuses, très-adhérentes les unes aux autres par juxtaposition immédiate. (Pl. VII, fig. 15.)

2° Ce cordon est lui-même entouré d'une gaîne mince, transparente, résistante (*gaîne ou tunique de la notocorde*), séparée du filament celluleux par un petit intervalle plein d'une substance demi-liquide, hyaline, assez tenace, dans laquelle est plongée et flotte en quelque sorte le cordon celluleux ou notocorde proprement dite. (Pl. I, fig. 3, *a, h.*) Avant l'apparition de ses renflements intervertébraux, on peut retirer intactes la notocorde et sa gaîne des organes qu'elles traversent et constater que ces derniers ne naissent pas par transformation de la substance de cette tunique en leurs tissus alternativement cartilagineux et fibreux. Remplissant le rôle de soutien squelettique du nouvel être durant la phase blastodermique de son évolution, on voit d'autres organes se substituer à elle, et, loin de se transformer en quelque autre partie, la corde dorsale continue à augmenter de masse, mais en changeant de disposition morphologique; ce fait entraîne des différences dans les usages relatifs aux mouvements du nouveau squelette, usages que ses portions intervertébrales remplissent jusqu'à l'époque de son atrophie sénile, avec substitution d'un autre tissu. Alors ce petit appareil offre un exemple frappant des cas de remplacement d'un organe transitoire par un autre, sans que jamais le tissu du second soit une transformation du premier, sans qu'il y ait de lien généalogique direct des éléments de celui-ci avec ceux de celui-là.

Il est facile de distinguer les cellules qui composent la corde dorsale de celles qui forment le tissu de la tache em-

bryonnaire par le volume trois ou quatre fois plus considérable des premières; leur diamètre est de $0^{mm},025$ à $0^{mm},040$ environ. Elles sont polyédriques, grisâtres, assez transparentes, finement granuleuses, à granulations fines et grises; toutes renferment un noyau sphérique, quelquefois un peu ovoïde, très-transparent avec un nucléole brillant et peu volumineux. (Pl. VII, fig. 15, et pl. XI.)

Dès qu'on vient à mettre ces cellules au contact de l'eau, elles se gonflent et prennent rapidement un volume presque double de celui qu'elles avaient auparavant; en même temps elles deviennent sphériques. (Pl. XI, fig. 53 et 57.) Cette remarque est très-importante, parce que, dans presque toutes les descriptions de ces cellules, on les décrit telles qu'elles sont après le contact de l'eau; d'où il résulte qu'on les dit être de grands globules sphériques, transparents, offrant un noyau très-clair et dépourvu de granulations, tandis qu'elles sont en réalité grisâtres, finement granuleuses et polyédriques. Ce n'est qu'au contact de l'eau qu'elles deviennent sphériques et que leurs granulations se dissolvent, ce qui les rend tout à fait hyalines. (Pl. XI, fig. 57.)

Dès l'extrémité antérieure de l'apophyse basilaire, la corde dorsale s'étend jusqu'à la dernière vertèbre coccygienne ou caudale, en traversant le sacrum, de telle sorte qu'elle est très-longue chez les rats, les carnassiers, les ruminants, etc., qui présentent un grand nombre de vertèbres coccygiennes.

Lorsque les points d'ossification apparaissent au centre des vertèbres et dans l'apophyse basilaire, elle s'atrophie à ce niveau et disparaît, de telle sorte qu'elle se trouve interrompue autant de fois qu'il y a de corps vertébraux s'os-

sifiant. Il importe de savoir qu'il n'y a qu'un seul noyau d'ossification au centre de chaque corps vertébral ou de l'apophyse basilaire de l'occipital et que ce noyau unique apparaît un peu en arrière de la notocorde qu'il entoure bientôt et dont il envahit la place en déterminant l'atrophie de sa gaîne et de ses cellules.

Une disposition digne d'être notée est que ce filament traverse de part en part l'apophyse odontoïde de l'axis et passe en arrière de l'arc antérieur de l'atlas, de sorte que l'atlas n'est traversé dans aucune de ses parties par la corde dorsale. (Pl. III, fig. 7, *b, c.*) Ce fait se rattache à cette particularité importante en anatomie descriptive, que l'apophyse odontoïde naît toujours par un corps cartilagineux distinct qui représente en réalité le corps de l'atlas, et qui, au lieu de s'unir à l'arc antérieur de cette vertèbre, se soude, quoique assez tard, au corps de l'axis; cette soudure est relativement tardive, parce qu'il reste un renflement de la corde dorsale entre l'apophyse odontoïde et le corps de l'axis. Lors de l'ossification des vertèbres, la notocorde ne forme donc plus un filament continu; elle ne se trouve plus représentée que par les dilatations intervertébrales dont une existe entre le corps de l'axis et l'apophyse odontoïde représentant le corps de l'atlas. (Pl. III, fig. 6, *d.*)

Ainsi la portion de ce cordon qui traverse l'apophyse basilaire s'atrophie graduellement; il en est de même de la portion qui traverse l'apophyse odontoïde et de celle qui traverse le corps de l'axis sur lequel l'apophyse odontoïde représente une partie atloïdienne surajoutée. (Pl. I, fig. 3, *e, f, g.*) Lors de l'ossification des corps vertébraux on ne rencontre plus le tissu de la notocorde qu'à partir du disque

qui sépare la seconde de la troisième vertèbre cervicale, et dans tous ses homologues jusqu'à l'extrémité du coccyx. Mais bientôt on voit la portion du cordon qui traverse le sacrum subir une atrophie telle, que la dilatation qui est interposée à chaque vertèbre disparaît complétement. Chez l'homme, c'est vers l'âge de neuf à douze ans qu'ont lieu ces derniers phénomènes. Il en est bientôt de même pour la partie qui occupe l'intervalle des vertèbres coccygiennes. De telle manière qu'au bout d'un certain temps, ce cordon celluleux est subdivisé par la production des noyaux d'ossification en autant de parties distinctes ou d'organes similaires qu'il y a de disques intervertébraux (1); après avoir ainsi occupé toute l'étendue de la colonne vertébrale depuis l'apophyse basilaire jusqu'à l'extrémité du coccyx, on le voit s'atrophier dans l'apophyse basilaire (pl. III, fig. 7, *b*), dans les deux premières vertèbres cervicales, dans les disques intervertébraux du sacrum et du coccyx, pour ne plus occuper que la colonne vertébrale proprement dite. Là même on ne retrouve son tissu qu'au centre des disques intervertébraux, où il est accompagné d'une certaine quantité de la

---

(1) La matière contenue dans les cavités des disques intervertébraux n'est donc pas comparable à la synovie. Elle représente les restes de la corde dorsale devenus un centre de mouvement, sphéroïdal, incompressible en raison de sa liquidité, et, par suite aussi, susceptible de très-légers déplacements qui suffisent à l'accomplissement des usages de la colonne vertébrale en tant que tige flexible et de sustentation à la fois. La portion fluide du corps gélatineux filant que renferment ces cavités, est le résidu du liquide de même nature que nous avons vu exister entre l'enveloppe et le cordon celluleux de la corde dorsale.

matière demi-liquide gélatiforme dont nous avons parlé. Plus tard dans les disques intervertébraux cervicaux, dorsaux et lombaires, aussi bien que dans le sacrum, ce tissu s'atrophie graduellement. Chez les adultes, il commence à disparaître dans ces régions vers l'âge de soixante ans environ. A partir de ce moment, la cavité des disques intervertébraux, au lieu de renfermer une substance molle, élastique, est graduellement envahie par du tissu fibreux, de telle manière que sur les sujets très-âgés on n'observe plus trace du tissu de la corde dorsale, formé par les cellules juxtaposées, ni du liquide visqueux qui les accompagne. Cette atrophie, dans les disques intervertébraux, suit toutes les phases qu'on observe durant l'atrophie du tissu de la portion de la notocorde qui occupe l'intervalle des vertèbres sacrées. Ces phénomènes sont les mêmes aussi bien vers la neuvième ou la douzième année, époque où ils ont lieu dans le sacrum, que vers l'âge de soixante ans environ, où ce remplacement commence à survenir dans les autres disques intervertébraux. Quoi qu'il en soit, ce tissu a une existence temporaire, chez les mammifères; mais celle-ci se prolonge cependant jusqu'à une période avancée de l'existence pour un certain nombre de disques intervertébraux, et en particulier pour ceux de la région lombaire où l'atrophie se fait en dernier lieu.

Il y a des animaux sur lesquels cette substitution graduelle du tissu fibreux à celui de la notocorde s'accomplit beaucoup plus tôt que chez l'homme. Ainsi, sur les ruminants et sur les solipèdes, qui ont une colonne vertébrale très-rigide, l'atrophie s'achève avant la naissance; chez quelques espèces elle a lieu quelque temps après la naissance, tandis que dans les carnassiers, qui ont une colonne vertébrale très-flexible,

comme le chien et le chat, on retrouve ce tissu gélatineux de la notocorde dans les cavités des disques intervertébraux pendant toute la durée de la vie (1).

Ajoutons en terminant que, pendant que se produisent les cavités intervertébrales par dilatation de la notocorde, on voit là, dès le troisième mois de la vie intra-utérine de l'homme, par exemple, et même plus tôt, ces cellules présenter des modifications importantes. D'abord la corde dorsale proprement dite cesse de former en ce point un renflement ou amas celluleux homogène ; ce renflement se subdivise en fragments ou petits groupes larges de $0^{mm},1$ ou environ, apercevables déjà à l'œil nu, comme de petits points grisâtres, de configurations très-variées et souvent d'aspects bizarres sous le microscope. (Pl. XI, fig. 49 à 56.)

Ces amas offrent cette particularité, que les cellules dont ils sont formés se creusent petit à petit de cavités que remplissent des gouttelettes d'un liquide rosé ou jaunâtre (fig. 58, *l, m*). Ces cellules deviennent alors tantôt ovoïdes, tantôt arrondies, et jusqu'à deux ou trois fois plus grosses que dans les premiers mois de leur existence. Leur contour est quelquefois difficile à distinguer au premier abord ; mais il devient très-appa-

---

(1) On n'a pas encore noté d'altération particulière du tissu de la corde dorsale. Cependant, chez les enfants, on peut, accidentellement, trouver ce tissu incrusté de grains phosphatiques irréguliers ; de telle manière que quelquefois, sur les jeunes sujets, on voit alors le tissu mou qui occupe les disques intervertébraux remplacé par une substance jaunâtre qui doit sa coloration à une incrustation des cellules de la notocorde par des grains de phosphate de chaux, grains qui existent aussi entre ces cellules dans le liquide précédemment visqueux et gélatiniforme.

rent, dès qu'on ajoute de l'eau à la préparation. L'aspect de ces cellules est complétement changé par la présence de ces gouttelettes rosées ou jaunâtres, et des auteurs partisans de la génération endogène ont décrit ces gouttelettes comme des cellules incluses, tandis qu'elles représentent un fluide assez épais qui s'est produit dans l'épaisseur de la substance des cellules en vertu de modifications évolutives et relativement séniles. Ces gouttelettes sont complétement dissoutes par l'eau après une demi-heure de contact ou environ, et les cellules reprennent alors les caractères qu'elles offrent pendant l'âge embryonnaire lorsqu'on les a traitées par l'eau. Ce fait prouve que ce sont là des gouttes d'un liquide particulier, qui se forme dans la substance des cellules de la notocorde, substance qu'elles distendent et repoussent sans se mêler avec elle, et que ce ne sont pas des cellules incluses dans d'autres cellules. Enfin des gouttes semblables existent aussi dans la matière hyaline visqueuse qui est interposée aux amas de cellules ; elles semblent avoir exsudé de l'épaisseur des cellules dans lesquelles elles sont produites.

## CHAPITRE II.

*Observations sur la notocorde de quelques espèces de mammifères en particulier.*

### A. — HOMME.

Sur un embryon humain long de 5 à 6 millimètres, qui m'a été remis le 15 juin 1859 par M. le docteur Manceau, j'ai pu étudier la notocorde dans son entier. Le cœur de l'embryon faisait librement saillie en dehors ; le cordon ombilical avait 3 millimètres de long à peine et la cavité abdominale communiquait largement avec lui ; la vésicule ombilicale était écrasée. La bouche et la cavité nasale formaient une cavité unique de forme losangique. Au niveau de l'angle supérieur de celle-ci, de chaque côté, se voyaient deux petits points nettement arrondis, légèrement noirâtres, qui représentaient les yeux. Un certain degré de pression des lames de verre a rendu assez transparent le tissu du corps de l'embryon pour apercevoir la notocorde (pl. I, fig. 1) dans toute sa longueur. Son extrémité antérieure se voyait sur la ligne médiane au niveau des deux yeux qu'elle dépassait un peu. Son extrémité postérieure s'étendait dans le prolongement caudal jusqu'à 1 demi-millimètre de son bord terminal même. On pouvait, d'après cela, calculer approximativement qu'elle mesurait une longueur totale de 4 millimètres $\frac{1}{2}$ ou un peu plus.

Son extrémité antérieure était légèrement renflée en massue (pl. I, fig. 1, *a*) et large de 9 centièmes de millimètre; dans le reste de son étendue, sa largeur était de 6 centièmes de millimètre, en mesurant l'écartement des bords de sa gaîne propre. Son extrémité postérieure se terminait assez brusquement en pointe mousse (*b*).

A un grossissement de 60 diamètres, elle représentait un mince filament cylindrique, à bords très-nets, grisâtre et comme finement grenu. Sur la moitié postérieure du corps de l'embryon, séparée de l'autre portion, elle put être isolée des tissus ambiants par des mouvements de pression et de relâchement alternatifs des lames de verre, qui la rendaient flexueuse et rectiligne alternativement, sans la briser ni en changer l'aspect.

La notocorde était entourée de cellules embryonnaires, sphériques, finement granuleuses, transparentes, mélangées de noyaux embryo-plastiques; à ces éléments se trouvait interposée une certaine quantité de matière amorphe finement granuleuse. On y trouvait aussi une petite quantité de granulations graisseuses assez grosses, qui étaient plus abondantes dans le tissu des autres parties du corps de l'embryon, lequel était composé surtout de noyaux embryo-plastiques et d'une petite quantité de matière amorphe.

Sur des coupes de la partie antérieure de l'embryon durcie dans l'acide chromique, il m'a été possible de distinguer déjà la substance de la partie antérieure de l'axe cérébro-spinal, limitant une cavité, ou mieux un sillon ventriculaire médian, et reposant directement sur la gaîne de la notocorde, sans interposition encore de cartilage ni d'autre tissu. Cette substance cérébrale était formée de matière amorphe

dans laquelle étaient des cellules nerveuses, bien distinctes des cellules embryonnaires ci-dessus par leur forme allongée, presque prismatique, avec un noyau central sphérique, clair, assez volumineux. Des angles ou des côtés de plusieurs des cellules nerveuses se détachaient de très-fins cylindraxes; entre elles existaient des myoélocytes en assez grand nombre, surtout dans le voisinage de la cavité ou gouttière centrale.

La constitution de la notocorde était ici la même que sur l'embryon dont je vais actuellement parler.

Sur un embryon humain long de 8 millimètres $\frac{1}{2}$, qui m'avait été remis par M. Moreau en 1854, j'ai pu étudier dans son ensemble la *chorde dorsale* ou notocorde entièrement formée.

Redressée et étendue, elle représentait un petit cordon transparent, à peu près cylindrique, long de 6 millimètres, et s'avançait dans le prolongement caudal du corps, plus près de son extrémité que de celle de la partie antérieure du renflement céphalique de l'embryon. Dans la plus grande partie de son étendue, elle avait une largeur de 7 centièmes de millimètre. Elle était un peu renflée en massue à son extrémité céphalique (comme l'indique la fig. 4, *a*, *b*), et cette dernière s'avançait à peu près jusqu'au niveau des yeux. Son extrémité coccygienne se terminait assez brusquement en pointe mousse sans s'amincir notablement. Ici le corps des vertèbres thoraciques et lombaires se distinguait déjà; de chaque côté de la chorde dorsale il était plus opaque qu'au niveau de celle-ci et il l'entourait d'une mince couche de sa substance cartilagineuse, passant en avant et en arrière; à ce niveau, cette substance se brisait aisément sous l'in-

fluence d'une pression modérée, avec écartement des deux moitiés latérales du corps des vertèbres.

Chez ces deux embryons, la notocorde était constituée par une enveloppe mince, mais tenace, transparente, tout à fait homogène, sans granulations. La cavité de celle-ci était à peu près remplie par le cordon grisâtre, large de 5 centièmes de millimètre, que composent les cellules propres de la notocorde. Ce cordon était renflé vers la tête comme la gaîne elle-même et atteignait là une largeur de 7 à 8 centièmes de millimètre. La surface du cordon et les lignes qui indiquent les limites de sa surface lorsqu'il est vu par transparence étaient comme à l'ordinaire lisses, régulières, parce que les cellules qui le composent ne font point saillie extérieurement. Il ne remplissait pas tout à fait sa gaîne, et l'intervalle compris entre la face interne de cette dernière et la surface du cordon celluleux était plein d'un liquide tout à fait hyalin, mais assez visqueux. Quant aux cellules, elles étaient comme toujours polyédriques, adhérentes les unes aux autres, de manière que les lignes de leur juxtaposition étaient d'abord difficiles à distinguer. Elles étaient finement granuleuses, grisâtres, ainsi que leur noyau sur l'embryon le plus long, dont l'expulsion avait duré deux jours; bien qu'il ne fût nullement déformé, tous les tissus étaient parsemés de granulations graisseuses assez grosses. Les cellules de la notocorde en étaient parsemées presque uniformément et en quantité suffisante pour masquer par place leur noyau et leurs lignes de juxtaposition presque partout. Quelques cellules présentaient de petites vacuoles à contenu hyalin, mais en petit nombre. Ce n'est qu'après le contact de l'eau que les cellules prirent la forme sphé-

rique et la transparence hyaline qui leur est attribuée comme normale.

B. — LAPIN, COCHON D'INDE ET RAT (*Mus ducumanus.* Pallas).

Sur plusieurs embryons de cochon d'Inde, longs de 10 millimètres, la notocorde était semblable à celle de l'embryon humain. Son extrémité renflée s'étendait jusqu'au niveau de l'œil, représenté par une petite masse sphérique incolore (pl. VI, fig. 13, *j*), elle empiétait au-dessus de lui sans le dépasser (*l*). Ces embryons n'offraient encore que trois arcs viscéraux (*i*); la vésicule auditive, très-petite (*k*), était située au niveau du sillon de séparation des deuxième et troisième arcs; la notocorde passait immédiatement au-dessous du niveau de cette vésicule et prenait à partir de là le diamètre qu'elle conservait jusqu'à son extrémité (*n*). Chez ces animaux, sa largeur est de 45 millièmes de millimètre seulement, et le cordon celluleux a 3 centièmes de millimètre. Il est constitué par des cellules disposées comme dans le premier embryon humain dont il a été question plus haut.

La partie renflée de la notocorde acquiert 9 centièmes de millimètre dans sa partie la plus large. Elle traversait de part en part les corps des vertèbres sous forme d'un mince cordon ou filament clair, terminé par une extrémité arrondie à peine rétrécie à l'extrémité de la dernière pièce rachidienne. On ne pouvait distinguer dans les tissus de l'extrémité céphalique embryonnaire si la partie antérieure de la notocorde traversait l'occipital ou non, et si ce dernier

organe était déjà formé. Elle n'offrait aucun renflement ; du reste, les cartilages des corps vertébraux étaient presque contigus, séparés seulement par un mince espace clair, occupé par un tissu composé de matière amorphe et de noyaux embryo-plastiques plus étroits, plus allongés que les noyaux qui se trouvent dans les chondroplastes du corps des vertèbres. Le tissu cartilagineux de ces corps vertébraux est composé à cette époque de noyaux embryo-plastiques, larges, clairs, assez rapprochés les uns des autres, tenus agglutinés par une substance homogène, transparente, semblable à celle du cartilage; il est, en un mot, formé par du tissu cartilagineux naissant. Ces corps vertébraux cartilagineux sont, à cette époque, profondément échancrés à leur partie dorsale; ils étaient distincts les uns des autres au nombre de trente et un chez cet embryon. Aucune vertèbre n'avait encore d'apophyse transverse apparente.

J'ai constaté à diverses reprises que la notocorde offrait une disposition semblable chez les embryons de lapins longs de 12 à 14 millimètres après leur redressement. Elle n'offre alors aucun renflement intervertébral. Elle s'isole facilement par écrasement méthodique des corps vertébraux dont le tissu cartilagineux, encore mou, est formé de noyaux embryo-plastiques réunis par une substance hyaline, transparente et de peu de consistance.

On voit alors facilement que son épaisseur, mesurée à la surface extérieure de sa gaîne, est de 45 à 50 millièmes de millimètre, comme chez les cochons d'Inde ; toutefois, elle descend à 40 millièmes vers les vertèbres caudales, encore mal délimitée, et atteint le double de ce diamètre à peu près vers son extrémité antérieure ou basilaire.

Elle est traversée dans toute son étendue par un cordon cylindrique grisâtre, finement granuleux, épais de 3 centièmes de millimètre. Celui-ci montre des noyaux ovoïdes, courts ou sphériques, larges de 6 à 7 millièmes de millimètre, finement grenus et sans nucléoles. Ils sont rapprochés sans être contigus et semblent être tenus à la fois écartés les uns des autres et réunis par une substance finement granuleuse, sans qu'on puisse apercevoir entre eux des lignes indiquant la juxtaposition réciproque des cellules. Toutefois, lorsqu'on brise l'enveloppe, ces dernières se gonflent au contact de l'eau, deviennent distinctes, et on peut reconnaître que le cordon cylindrique grisâtre placé au centre de la cavité de la gaîne dans toute son étendue, est formé par ces cellules, tellement cohérentes, que les lignes indiquant les plans de leur juxtaposition ne sont pas visibles. Entre la surface du cordon celluleux et la face interne de la gaîne existe un espace clair, large de 1 centième de millimètre, plein d'un liquide limpide, sans traces de granulations.

Lorsque les embryons commencent à subir une altération cadavérique, ou lorsque la notocorde se trouve au contact de l'eau depuis quelques instants, les cellules du cordon central, celles de la surface, particulièrement, se gonflent sous forme de saillies vésiculiformes, hyalines, qui remplissent l'espace plein de liquide limpide placé entre ce cordon et l'enveloppe. La face interne de cette dernière devient alors plus nettement distincte qu'auparavant. L'épaisseur de cette gaîne peut ainsi être mesurée facilement, bien que çà et là quelques noyaux embryo-plastiques des espaces intervertébraux et un peu de substance des cartilages soient entraînés

par sa surface externe à laquelle ils adhèrent faiblement. Cette épaisseur est de 3 millièmes de millimètre.

Sur des rats surmulots (*Mus decumanus,* Pallas) longs de 18 millimètres, du ventre au bout de la queue (celle-ci ayant à elle seule une longueur de 8 millimètres), et sur d'autres, longs de 14 à 15 millimètres, j'ai facilement observé les dispositions suivantes sur la notocorde : elle se présentait sous forme d'un mince filament hyalin très-régulièrement cylindrique, d'égal volume dans toute sa longueur, étendu depuis le niveau du quart postérieur du globe oculaire jusqu'au bout de la queue (pl. I, fig. 2, *d, f*). Elle n'était pas renflée à son extrémité antérieure, qui était arrondie, large seulement de $0^{mm},025$, comme le reste de la longueur de l'organe, et elle se terminait brusquement par une extrémité mousse, large de $0^{mm},024$. Sa gaîne, complétement hyaline, sans stries ni granulations, était épaisse de $0^{mm},003$ et néanmoins très-résistante. Le cordon celluleux, légèrement grisâtre, remplissait complétement la cavité de la gaîne, sans qu'il y eût encore de liquide interposé entre lui et la face interne de celle-ci. Les cellules polyédriques, par pression réciproque, étaient petites et pourvues d'un noyau clair, sans nucléole, assez gros par rapport au corps même des cellules. Les cartilages de chaque corps vertébral et de l'apophyse basilaire étaient déjà distincts les uns des autres, séparés par des bandes étroites d'un tissu un peu moins transparent qu'eux-mêmes, au niveau de chacune desquelles passait un capillaire plein de sang, à hématies volumineuses pourvues d'un noyau. La notocorde ne présentait pas encore de dilatation au niveau de ces bandes intervertébrales visibles entre les pièces de la queue comme entre celles

du dos; mais un petit amas de fines granulations foncées l'entourait là au centre de toutes les bandes intervertébrales du tronc.

Ces bandes étaient formées de corps fibro-plastiques fusiformes encore très-courts, à noyau un peu grenu.

Les pièces cartilagineuses, plus transparentes, étaient composées de noyaux clairs à contour net, presque contigus, ovoïdes, hyalins, sans granulations, contenant presque tous un petit nucléole brillant. Un fort grossissement montrait une très-petite quantité de substance hyaline, non segmentée en cellules, interposée entre ces noyaux.

La notocorde s'avançait jusqu'au bord postérieur même de la dernière pièce cartilagineuse coccygienne sans la dépasser.

La gaîne de la notocorde n'était pas extensible, de sorte que, lorsqu'on venait à comprimer l'embryon entre deux lames de verre sous le microscope, on voyait les pièces cartilagineuses de ces corps vertébraux glisser sur la corde dorsale; celle-ci abandonnait l'apophyse basilaire d'une part et laissait échapper les derniers corps vertébraux coccygiens qui devenaient libres. Ceux-ci étaient déjà au nombre de trente comme chez l'adulte.

### C. — RUMINANTS.

Sur deux embryons humains d'une longueur de 14 et de 16 millimètres, du ventre à l'extrémité postérieure du tronc, sur un autre, long de 18 millimètres, que m'avait remis E. Godard, et sur un embryon de mouton long de 20 millimètres, du front à la racine de la queue, la notocorde s'étendait sous

forme d'un cordon ou filament clair, depuis la base du crâne jusqu'à la dernière pièce coccygienne. Son extrémité antérieure se voyait sur la ligne médiane, à peu près au niveau des yeux, mais un peu en arrière. La portion céphalique de la notocorde traverse ainsi le centre des cartilages, qui correspond à l'apophyse basilaire de l'occipital ; elle traverse celle-ci tout entière, et son extrémité antérieure atteint le bord postérieur du cartilage du corps du sphénoïde sans pénétrer dans son épaisseur. Cette extrémité se voit à l'extrémité antérieure de l'apophyse basilaire de l'occipital, au niveau de la partie antérieure de la vésicule ou sac du labyrinthe. Cette extrémité antérieure est arrondie, renflée en forme de massue dans une longueur de 1/3 de millimètre et large de 1 dixième de millimètre chez l'embryon humain, et un peu moins sur le plus petit que sur celui de 16 millimètres. Elle est large de 9 centièmes de millimètre seulement chez le mouton (pl. I, fig. 3, *a*). Au-dessous de cette partie renflée, elle diminue peu à peu de volume, et acquiert un diamètre de 7 centièmes de millimètre vers le bord postérieur de l'occipital, largeur qu'elle conserve dans toute son étendue chez ces embryons, en restant ainsi régulièrement cylindrique jusqu'à la dernière pièce coccygienne où elle se termine assez brusquement en pointe mousse.

La notocorde ne traverse pas le cartilage de l'atlas, qui sur l'embryon dont il s'agit (fig. 3) était déjà assez développé sous forme d'une bande cartilagineuse, étroite, courbée en demi-cercle. A partir de l'apophyse odontoïde et du corps de l'axis, qu'elle traversait de part en part, elle passait au centre de tous les disques intervertébraux et du cartilage de tous les corps de vertèbres, qui étaient plus

transparents que ces dernières. Elle ne présentait aucun renflement sur toute sa longueur.

Sur l'embryon de mouton, le bord postérieur du cartilage de l'occipital offrait deux portions plus foncées que le reste de sa substance, qui se présentaient sous forme de taches arrondies à contour diffus (fig. 1, *b*) de chaque côté de la corde dorsale. Plus tard, on trouve à leur place le golfe de la veine jugulaire. Une tache foncée analogue se voyait aussi au bord inférieur du cartilage du corps de toutes les vertèbres (*e*) jusqu'au sacrum ; elle s'étendait sur le disque intervertébral à peu près jusqu'à la place occupée plus tard par la cavité de ce disque ; elle aurait pu faire croire d'abord à la présence d'une dilatation commençante de la notocorde, mais un examen attentif montrait que cet organe restait parfaitement cylindrique à ce niveau.

Dans toute sa longueur, la corde dorsale offre aussi sur cet animal une enveloppe hyaline, transparente sans granulations, épaisse de 2 millièmes de millimètre, légèrement plissée dans le sens longitudinal. Cette gaîne renferme le cordon celluleux qui représente la notocorde proprement dite. Celui-ci est cylindrique et n'a que 5 centièmes de millimètre de large ; il ne remplit pas sa gaîne, il est flottant dans son intérieur, flexueux, intestiniforme (fig. 3, *h*), un peu replié sur lui-même d'espace en espace, comme s'il était trop long pour la gaîne. Il est un peu renflé comme cette dernière à son extrémité antérieure. Il reste entre lui et la gaîne un intervalle libre, large de 1 centième de millimètre, plein d'un liquide assez tenace, visqueux, incolore. Le cordon celluleux est formé de cellules polyédriques juxtaposées d'une manière immédiate, très-adhérentes ensemble et ne

faisant point saillie individuellement à la surface de l'organe, qui est au contraire lisse et régulière. Nous verrons plus loin que ces cellules paraissent plus granuleuses et plus grisâtres lorsque la préparation se dessèche un peu et qu'elles se gonflent, deviennent transparentes et paraissent moins granuleuses après quelques instants de séjour au contact de l'eau.

Sur les embryons humains mentionnés plus haut, l'espace plein de liquide visqueux existant entre la paroi de la notocorde et le cordon flexueux formé de cellules était plus étroit que chez le mouton. Ce cordon avait le même aspect général que sur ce dernier, mais les cellules très-pressées réciproquement et très-cohérentes, étaient difficiles à distinguer les unes des autres; les lignes marquant les plans de leur juxtaposition ne se voyaient qu'après l'action de l'eau.

Il était facile de reconnaître chez ces divers embryons que les cartilages vertébraux naissent autour de la paroi mince et nettement délimitée de la notocorde, et qu'ils ne sont pas un épaississement de cette enveloppe, car on la retirait intacte sur une certaine longueur hors des cartilages qu'elle traverse. On peut le faire ainsi tant que les renflements intervertébraux de la notocorde ne se sont pas encore montrés.

Lorsqu'on examine alors les corps vertébraux par une de leurs faces articulaires, on constate l'existence d'un canal qui les traverse de part en part et qui logeait la notocorde et sa gaîne. Il est toujours placé un peu en avant du milieu de chaque corps vertébral, c'est-à-dire plus près du bord antérieur que du bord postérieur (pl. VII, fig. 16, *a*). Ce canal

## CHAPITRE III.

*Sur la production des renflements intervertébraux de la notocorde.*

On peut constater directement sur les embryons de l'âge de ceux dont il vient d'être parlé, et indirectement sur les embryons plus âgés, d'après la grosseur de ces renflements, que ceux-ci commencent à se produire d'abord dans les disques des dernières vertèbres dorsales et des premières lombaires; à partir de là, il s'en forme ensuite successivement et régulièrement dans les autres disques, tant du côté du cou que de celui du sacrum.

### A. — CHEZ LE LAPIN.

Sur un embryon de lapin long de 25 millimètres, j'ai constaté les dispositions suivantes, offertes par la corde dorsale. Dans cette espèce, elle constitue un long cordon clair, lorsqu'elle est vue par lumière transmise sous le microscope; ce cordon s'étend depuis le bout de l'apophyse basilaire de l'occipital, au niveau du bord antérieur de la vésicule du labyrinthe ou auditive, jusqu'à l'extrémité du prolongement coccygien ou caudal. (Voy. pl. III, fig. 6, et pl. IV, fig. 8 et 9.) Ce cordon ou filament tranche nettement

par sa transparence et par quelque chose de brillant dans son aspect, sur la couleur grisâtre et l'apparence grenue du cartilage du corps des vertèbres; il tranche également sur la teinte foncée, opaque, et conséquemment noirâtre sous le microscope, du tissu fibreux en voie d'évolution des disques intervertébraux (fig. 8). Sa configuration générale est rendue curieuse et frappante, par la présence de renflements réguliers, arrondis ou un peu ovoïdes, placés symétriquement dans les disques intervertébraux, et reliés ensemble par les portions cylindriques, étroites, qui traversent le cartilage du corps des vertèbres, en conservant du haut en bas la même largeur. Celle-ci est de 5 centièmes de millimètre, à 2 ou 3 millièmes près, parce que près de son extrémité terminale elle s'amincit un peu (pl. IV, fig. 9, *c*).

Ces renflements, et les portions restées cylindriques et étroites, alternent ainsi avec une régularité remarquable, qui donne à l'ensemble de la notocorde une grande élégance. La distance qui sépare les uns des autres les élargissements est mesurée par l'épaisseur du corps des vertèbres et indique la longueur des parties étroites et cylindriques de la corde dorsale; elle varie par conséquent, mais peu et d'une manière régulière, d'une portion de la colonne vertébrale à l'autre. Cette longueur va en diminuant à partir des premières vertèbres sacrées jusqu'au bout du coccyx, parce que l'épaisseur des vertèbres s'amoindrit.

Étudiés successivement de haut en bas, ces renflements de la notocorde offrent des différences de forme qui passent de l'une à l'autre avec une régularité frappante. La portion céphalique de la notocorde, à cette période de son développement, est encore renflée comme aux phases antérieures et

dans l'épaisseur du cartilage de l'apophyse basilaire; entre l'occipital et l'atlas, au bout de l'apophyse odontoïde (fig. 2, *b*), elle offre un très-petit renflement qui n'a pas tout à fait 1 dixième de millimètre de large. Au-dessous de ce renflement, elle est mince, elle a seulement 3 centièmes de millimètre d'abord, puis atteint peu à peu une largeur de 4 centièmes. Elle traverse longitudinalement l'apophyse odontoïde dans toute sa longueur (*b, d*) et la portion inférieure du corps de l'axis (*c, d*). Vers le milieu de celui-ci, elle offre un renflement fusiforme (*d*) large de 1 dixième de millimètre, long de 1 tiers à 1 demi-millimètre, selon l'âge des animaux. L'axis est la seule vertèbre au centre de laquelle la notocorde offre un renflement; ce fait coïncide avec cette particularité que le corps de cette vertèbre, plus épais que celui de toutes les autres, est formé de deux cartilages intimement accolés à cet âge, mais qu'un sillon courbe, foncé, à contours diffus, fait distinguer facilement l'un de l'autre. C'est au niveau de ce sillon, plus large au milieu que sur les côtés, que se trouve ce renflement fusiforme longitudinal de la notocorde.

Entre l'axis et la troisième vertèbre cervicale l'élargissement de celle-ci est globuleux (*f*), un peu allongé à ses pôles supérieur et inférieur, qui se continuent avec les portions cylindriques étroites traversant le corps des vertèbres. Son diamètre est de 3 dixièmes de millimètre. Ces renflements conservent cette forme jusqu'au bas de la colonne cervicale, puis entre les vertèbres dorsales, lombaires et les premières sacrées, leur diamètre transversal atteint 4 et 5 dixièmes de millimètre; il dépasse un peu le diamètre vertical, de sorte que ces élargissements de la corde dorsale

sont un peu ellipsoïdes transversalement, bien que les portions cylindriques, larges ici de 5 centièmes de millimètre, qui traversent le corps des vertèbres, se continuent avec leurs pôles supérieur et inférieur par une base un peu élargie. Dans toute l'étendue de la colonne vertébrale, du reste, les extrémités de ces dilatations empiètent un peu sur le cartilage des corps vertébraux placés au-dessus et au-dessous d'elles. A partir des premiers espaces intervertébraux du coccyx, ces renflements deviennent ellipsoïdes dans le sens longitudinal (pl. IV, fig. 9, *i*), de plus en plus étroits, puis fusiformes, bien plus longs que larges (*e*, *f*). Enfin la corde dorsale reste tout à fait cylindrique entre les rudiments des dernières vertèbres coccygiennes. La portion cylindrique étroite de la notocorde qui traverse le corps des vertèbres est tout à fait homogène, assez tenace, transparent, sans granulations ni cellules. La masse de chaque élargissement intervertébral semble être constituée de même au premier coup d'œil, parce qu'il est clair, presque brillant sous le microscope, à côté des tissus foncés qui l'environnent. Mais, avec un peu d'attention, il est possible de reconnaître qu'il n'en est ainsi que pour la partie supérieure et pour la partie inférieure de chacun d'eux; leur milieu, au contraire, est occupé par une bande grisâtre, transversalement disposée en forme de ménisque, régulier, c'est-à-dire plus mince au milieu qu'à sa circonférence (fig. 8, *b*, *b*); celle-ci touche la face interne de la cavité. Cette bande grisâtre est granuleuse, au faible grossissement de 40 à 60 diamètres qu'il faut employer pour observer l'ensemble de ces faits. Si on comprime fortement la préparation pendant qu'on l'examine, on voit que le contenu des dilatations précédentes ne

s'échappe pas par la portion cylindrique étroite qui traverse le corps des vertèbres, lors même qu'on opère sur le bout d'une préparation, de manière à ce que ce contenu n'ait que l'épaisseur d'un corps de vertèbres à traverser. Le contenu s'échappe sur le côté entre les vertèbres, après rupture du tissu fibreux qui forme le rudiment des disques fibreux intervertébraux, tissu déjà d'une densité notable à cette époque et très-adhérent au cartilage vertébral. On voit ce contenu sortir sous forme d'un liquide visqueux, limpide, entraînant par grumeaux grisâtres, qui s'échappent de moments en moments, la bande granuleuse en forme de ménisque qui occupait transversalement le centre de la cavité. Cette bande a disparu ainsi lorsque la cavité est encore nettement reconnaissable. On peut alors observer à un fort grossissement ces grumeaux, et on constate qu'ils sont formés chacun par l'agglomération de cellules semblables à celles qui composent le cordon cylindrique de la notocorde. Ces grumeaux sont groupés d'une manière déterminée et plongés dans un liquide visqueux assez tenace, sans stries et limpide (1).

---

(1) Les particularités que je viens de décrire n'ont pas été encore observées ; mais Luschka a vu sur un embryon de sept semaines : « la corde dorsale étendue dans toute la longueur du corps de l'embryon ; elle montrait par places, ordinairement au milieu des disques intervertébraux déjà bien déterminés, un élargissement fusiforme. On pouvait voir facilement çà et là une enveloppe délimitée par un contour foncé et le contour plus foncé de la face interne ne s'appliquant pas exactement sur le contenu. Ce contenu se voyait facilement rassemblé en plus grande quantité aux places où plus tard se trouvera la masse gélatineuse des disques intervertébraux ; il formait seulement un cordon large de 4 centièmes de millimètre, passant au travers du corps

Sous ces divers rapports, cette matière est semblable à celle qui existe entre le cordon celluleux de la notocorde et sa gaîne, dans laquelle ce cordon est plongé et en quelque sorte flottant. Ce liquide visqueux est d'autre part semblable à celui qui existe dans les cavités intervertébrales de l'adulte, en sorte qu'il n'est pas douteux que, chez ce dernier, leur contenu gélatiniforme est le même que celui qui se voit dans la gaîne de la notocorde.

Les cellules composant ces grumeaux sont polyédriques à cette époque de leur existence, à angles arrondis ou non, finement et uniformément granuleuses, grisâtres, pourvues d'un seul noyau ovoïde, rarement de deux. Elles seront décrites plus loin, ainsi que les amas de configuration spéciale qu'elles constituent par leur groupement. Nous verrons alors comment, sous l'influence de l'eau, elles se gonflent, deviennent sphériques, régulières, hyalines, sans granulations, et très-différentes de ce qu'elles étaient avant l'action de ce liquide (1).

---

des vertèbres. Ce contenu était formé en partie d'un liquide muqueux en partie d'une masse moléculaire; celle-ci se laissait chasser de la gaîne coupée en travers par une pression des lames de verre, et on y trouvait de belles cellules arrondies hyalines, dont quelques-unes n'avaient qu'un seul noyau, et les autres deux ou trois finement granuleux. » (Luschka. *Die Halbgelenke des menschlichen Kœrpers.* Berlin, 1858 ; in-4°, p. 52-53.) Il considère en conséquence de ces faits et d'autres analogues, observés sur les mammifères, les cavités intervertébrales, comme le résultat de l'évolution de la corde dorsale, aussi bien chez ces animaux que sur les reptiles et les poissons.

(1) Pour observer les faits que je viens de décrire, on fend la peau sur la ligne médiane du dos de l'embryon; puis on enlève avec un instrument mousse la substance de la moelle épinière dans toute l'étendue du canal ra-

Les différences de forme et de dimension des dilatations de la notocorde décrites plus haut, indiquent d'une manière nette sur un même embryon la succession des changements subis par la corde dorsale, lorsqu'on les suit de bas en haut surtout. On reconnaît d'abord que cet organe diminue graduellement d'épaisseur, puisqu'au lieu d'une épaisseur de 7 centièmes de millimètre qu'il avait sur un embryon long de 8 millimètres, il n'a plus que 5 centièmes de millimètre dans la plus grande partie de son étendue, et une épaisseur de 3 à 4 centièmes de millimètre près de ses extrémités, bien que l'embryon, au contraire, soit devenu trois fois plus grand. On voit, en outre, que la notocorde, encore cylindrique à son extrémité postérieure au niveau des dernières vertèbres coccygiennes (pl. IV, fig. 9, *c, d*) et sans renflement dans leurs intervalles, s'élargit d'abord un peu en remontant les vertèbres sacrées. Cet élargissement est peu considérable, étroit, fusiforme, allongé (*d, f*), dans le sens du grand axe du corps. Deux ou trois autres renflements de même forme, ou presque sphériques (*f, i*), mais de plus en plus larges, tout en n'étant pas plus longs, lui succèdent entre les vertèbres placées au-dessus. Ces renflements, fusi-

---

chidien, encore ouvert en arrière à cette époque. On détache ensuite avec des ciseaux la portion du rachis qu'on veut observer, et on la place dans une assez grande quantité d'eau pour la laver, puis on applique sur elle une lame de verre, qu'on presse légèrement pour renverser sur les côtés les arcs des vertèbres et leurs apophyses. On examine alors ces préparations à l'aide de faibles grossissements. On peut subdiviser ensuite ces parties du rachis en portions plus petites, susceptibles d'être amincies davantage pour en étudier les éléments à un fort grossissement.

formes chez le lapin à cette époque, sont clairs, homogènes, limpides, non granuleux, comme le cordon cylindrique de la notocorde qui traverse le corps des vertèbres. Les élargissements devenant plus considérables sans que leur longueur augmente, ils prennent une figure franchement ellipsoïde ou ovoïde dans le sens de la largeur du corps (*g*). Dès qu'ils atteignent cette forme, ils montrent dans leur milieu et en travers un amas de cellules, qui à un faible grossissement se présente sous l'aspect d'une couche granuleuse en forme de ménisque. Ils deviennent sphériques vers les intervalles des vertèbres sacrées, puis, s'élargissent davantage encore vers la dernière sacrée ou entre les dernières lombaires. Mais leur longueur n'augmente pas, elle devient au contraire moindre, parce que les intervalles vertébraux sont plus minces dans le rachis proprement dit, dont l'évolution est plus avancée que dans les portions récemment apparues du coccyx. Il en résulte que ces élargissements, toujours clairs et transparents comme le reste de la notocorde, passent de la forme sphéroïdale (de *f* en *i*) à la forme ellipsoïde dans le sens transversal, après avoir passé de la forme ovoïde en long à la forme globuleuse (de *d* en *f*).

Une ligne nette, à un fort comme à un faible grossissement, marque la limite de la corde dorsale dans toute son étendue et cela aussi bien dans sa portion étroite, au niveau du corps des vertèbres, que lorsqu'il s'agit de ses élargissements.

Lorsqu'on sépare le rachis en fragments par disjonction des vertèbres les unes des autres, les ligaments intervertébraux se détachent nettement du cartilage représentant le

corps des vertèbres ; la dilatation globuleuse, claire, transparente, continue à être visible au centre du ligament, si celui-ci n'est pas trop comprimé. Il ne reste appendu à ce dernier et au cartilage aucun lambeau transparent ni granuleux qui proviendrait d'une enveloppe déchirée plus résistante que son contenu, de sorte qu'à cette époque l'enveloppe a disparu au niveau des parties pourvues de dilatation. Près de l'extrémité du coccyx, où il n'y a pas de renflements de la corde dorsale, il reste parfois au contraire des lambeaux de cette dernière appendus aux corps des vertèbres qu'on détache. Par conséquent, chez le lapin, dès cette époque, dans toute la portion de son étendue où elle présente des élargissements, la corde dorsale est limitée directement par les tissus qui l'entourent, c'est-à-dire par les cartilages représentant le corps des vertèbres au niveau des parties encore étroites et cylindriques, et par le tissu des ligaments au niveau de ses dilatations; sur l'adulte également, les cavités des disques intervertébraux n'ont point d'autre enveloppe que celle que représente le tissu même (1) de ces disques. Elle est entourée ainsi alternativement par le tissu car-

---

(1) Bruch a vu chez un embryon humain, long de six lignes, la corde dorsale traverser les vertèbres comme un mince cordon jaunâtre. Elle n'avait aucune enveloppe distincte, ni de structure cellulaire. (Bruch dans Luschka. *Die Halbgelenke des menschlichen Kœrpers ;* Berlin, 1858, in-4°, p. 52.) Elle était déjà tombée en liquéfaction dans sa partie supérieure principalement, et ne pouvait bien être vue que jusque dans le voisinage du cou. Cette dernière particularité semble indiquer que cet organe était déjà altéré, car on le voit nettement dans toute son étendue jusqu'à un âge bien plus avancé.

tilagineux du corps des vertèbres et par celui des ligaments (1).

### B. — DILATATIONS INTERVERTÉBRALES DE LA NOTOCORDE DU PORC.

Chez le porc, la forme et les dimensions des dilatations de la notocorde sont les mêmes que sur le lapin. Bien que les disques intervertébraux soient très-étroits et les cartilages du corps des vertèbres allongés, les dilatations sont ovoïdes, allongées, et se montrent à partir du septième disque (pl. V, fig. 11, *k*) en comptant du dernier espace intervertébral de la queue. Vers la dixième dilatation, elles deviennent sphéroïdales (pl. V, fig. 11, *d*) et conservent cette forme jusqu'au premier ou au deuxième disque lombaire. Là elles deviennent ovoïdes transversalement. Ces renflements ont un con-

(1) Sur un embryon humain de dix semaines, Luschka a vu déjà la disparition de la corde dorsale au centre du corps des vertèbres montrant un point d'ossification; les cavités intervertébrales avaient encore un prolongement de chaque côté qui leur donnait un aspect fusiforme. La forme qu'il leur attribue dans son dessin (*loc. cit.* p. 53, pl. III, fig. 2) n'est pas tout à fait aussi régulière que celle que je leur ai vue. Les disques intervertébraux sont surtout plus épais par rapport au corps des vertèbres qu'il ne les représente. La différence entre nos observations porte principalement sur les cellules qu'il figure dans ces cavités. Elles sont, en effet, bien plus nombreuses et autrement disposées; mais surtout elles ne sont pas claires, sphériques ou allongées à cet âge. Elles sont polyédriques pressées les unes contre les autres. Elles ne prennent la disposition qu'il leur donne qu'après l'action de l'eau qui, comme on sait, modifie beaucoup les cellules, action avant laquelle elles sont grisâtres, très-granuleuses.

tour presque aussi net que chez le lapin et sont aussi larges. Chez les porcs de 10 centimètres, ils acquièrent près de $\frac{1}{2}$ millimètre dans les disques lombaires. A cet âge, les cellules, qui sont grandes, polyédriques et finement granuleuses, sont déjà distendues et déformées par de nombreuses gouttes sarcodiques développées dans leur épaisseur. Ces gouttes sont claires, légèrement rosées et réfractent très-faiblement la lumière.

Sur les chiens, les dilatations de la notocorde sont remarquablement larges et épaisses, au point d'être presque sphériques entre les pièces coccygiennes et caudales plutôt qu'ovoïdes. Celle qui est entre le corps proprement dit de l'axis et l'apophyse odontoïde disparaît dès le début de l'ossification de celle-ci. Leur contenu gélatineux est formé par une quantité de cellules plus grande que celle que constitue le liquide visqueux qui les accompagne. Beaucoup des cellules contiennent déjà des gouttes sarcodiques incolores. Quelques-unes sont distendues par une seule de ces gouttes, et leur noyau alors flotte dans la cavité pleine de ce liquide ou est adhérent à la surface interne de la substance propre de la cellule, devenue vésiculeuse et distendue en forme de paroi cellulaire mince.

### C. — DILATATION DE LA NOTOCORDE DE L'HOMME.

Sur les embryons humains, les cavités ou dilatations intervertébrales de la notocorde sont plus petites, plus difficiles à observer, à contour moins net, à contenu moins clair que sur le lapin et sur le chien, fait qui est en rap-

port avec la grandeur de la cavité et avec la faible épaisseur de la portion fibreuse des disques de ces animaux adultes; sur le porc, l'observation en est aussi facile que chez le lapin, et le contour des cavités est presque aussi net.

Sur un fœtus humain, long de 5 centimètres du front au vertex, et de 7 centimètres jusqu'aux talons, la corde dorsale existait tout entière sans interruption, depuis le corps du sphénoïde jusqu'à la dernière pièce du coccyx. Elle offrait la disposition générale décrite et figurée précédemment d'après l'embryon de lapin. Elle était seulement un peu plus large (7 centièmes de millimètre) et grisâtre moins transparente. La portion céphalique, renflée en massue, était plus grande qu'aux époques antérieures, avait conservé sa forme et était plus difficile à voir, parce que le cartilage de l'occipital et du corps du sphénoïde était plus épais que chez les embryons moins âgés. Il n'y avait pas de dilatation arrondie entre l'atlas et l'occipital.

Les dilatations intervertébrales, malgré le plus grand volume de cet embryon, étaient des deux tiers plus petites que chez le lapin (*fig.* 8 et 9). Elles étaient ovoïdes dans le sens longitudinal, grisâtres et non claires; enfin leur contour était moins net que sur ce dernier. Elles étaient pleines d'un contenu grisâtre (pl. VII, *fig.* 15, *a*, *b*) qui se prolongeait manifestement dans le canal (*c*) traversant le centre du corps des vertèbres; le contenu était entièrement formé de cellules polyédriques, grisâtres, finement granuleuses. Les cellules n'étaient point encore réunies en amas ovoïdes, arrondis, ramifiés ou non, etc., tels que ceux qu'on trouve déjà, à un âge moins avancé sur le lapin. Aussi le contenu s'échappait de la cavité intervertébrale en une seule masse et

non sous forme de grumeaux flottants dans un liquide. Le canal central traversant le cartilage du corps de chaque vertèbre était un peu rétréci au milieu, et sur le contenu celluleux expulsé on voyait que ce dernier s'amincissait beaucoup à ce niveau (*fig.* 15 *c*). Ce canal n'était oblitéré sur aucune vertèbre, et aucune de celles-ci ne montrait encore trace d'ossification. Néanmoins, il n'était plus possible de démontrer la présence de l'enveloppe hyaline de la chorde dorsale, ni du côté de la tête, ni vers le coccyx.

A partir du premier espace intervertébral du sacrum, les dilatations de la corde dorsale étaient très-étroites, allongées (planche VI, *fig.* 14 *abc*); elles manquaient complétement dans toute la portion coccygienne de celle-ci (*de*). Au sacrum et au coccyx, la notocorde ne se rétrécissait pas en traversant le centre des vertèbres. La notocorde se terminait assez brusquement en pointe mousse au centre de la dernière pièce du coccyx sans la traverser de part en part (*e*). Celle-ci était irrégulière, comme bilobée; il n'y avait que quatre pièces cartilagineuses, coccygiennes sans apophyses transverses.

### D. — DILATATIONS INTERVERTÉBRALES DE LA NOTOCORDE CHEZ LA VACHE.

C'est vers l'époque où les embryons de vache ont de 30 à 32 millimètres qu'on voit commencer à se produire les renflements intervertébraux de leur notocorde; à cette époque il n'existe pas encore de point osseux dans leurs vertèbres. Ces renflements sont ovoïdes dans le sens longitudinal et très-peu prononcés dans le principe. Leur étude est

d'autant plus difficile que la notocorde est plus mince que chez l'homme, et que son cordon cellulaire est plus transparent, formé de cellules moins grenues. De plus, le tissu fibreux des disques intervertébraux, moins transparent dans toutes les espèces que celui des cartilages, est plus foncé encore chez les ruminants que dans les embryons des autres ordres que j'ai pu examiner (1). Sur un embryon de vache long de 99 millimètres, la notocorde ne s'apercevait plus dans l'apophyse basilaire de l'occipital, dont l'ossification était déjà très-prononcée, mais on la voyait dans l'apophyse odontoïde. Depuis là jusqu'à la dernière vertèbre caudale ou coccygienne, qu'elle traversait de part en part, elle était claire, transparente, large de 6 centièmes de millimètre dans toute son étendue. Régulièrement cylindrique dans toute sa partie postérieure, elle ne présentait de renflement bien net que dans le disque qui sépare la onzième de la douzième vertèbre caudale en comptant de la dernière.

---

(1) Il faut se garder de croire que ce soit la portion de la notocorde correspondant aux intervalles des vertèbres, qui forme les disques ou ligaments intervertébraux, bien que beaucoup d'auteurs l'aient admis depuis Bischoff. Ce savant s'exprime ainsi à ce sujet. (Bischoff, *Traité du développement de l'homme, etc.* Paris, 1843 ; in-8°, p. 381.) « Avec le temps, ces anneaux (ceux des cartilages du corps des vertèbres) augmentent de masse, deviennent plus larges et plus épais, et étranglent de plus en plus la corde qu'ils entourent, laquelle finit par disparaître entièrement ; il en reste une portion entre chaque couple d'anneaux. Les anneaux eux-mêmes deviennent les corps des vertèbres et *les portions intermédiaires de la corde, le ligament intervertébral.* » Nous verrons que les anneaux cartilagineux, ou corps vertébraux, n'étranglent nullement la notocorde, et que ce ne sont point les portions de celle-ci, intermédiaires aux vertèbres, qui forment les disques symphysaires.

Cependant, au centre des deux disques précédents, on commençait à voir deux dilatations à peine prononcées (pl. V, fig. 10, *j*, *k*,) et à contour diffus. Le renflement, une fois bien limité, tranche par sa teinte claire sur l'aspect foncé du disque intervertébral et se montre à un faible grossissement finement granuleux au centre ; cela est dû à ce que les cellules y sont plus accumulées qu'à la périphérie de la cavité.

Ces renflements étaient ovoïdes en travers, malgré la longueur des disques intervertébraux de la queue, devenaient presque lenticulaires en approchant du sacrum (*q*, *q*,) et dans les disques séparant encore les unes des autres les vertèbres sacrées. Entre la première et la deuxième pièce du sacrum, les renflements devenaient globuleux, larges de 25 centièmes de millimètre, conservaient cette forme entre les vertèbres lombaires jusqu'au dernier disque des vertèbres dorsales. Là ils reprenaient la forme lenticulaire, mais avec moins d'épaisseur dans tout le rachis, jusqu'au disque qui sépare l'axis de la troisième vertèbre cervicale. Du reste, la notocorde n'offrait de continuité que depuis la dernière vertèbre caudale jusqu'à la quinzième en remontant du côté du sacrum. A compter de cette dernière jusqu'à l'axis, un point d'ossification ovoïde en travers, puis bientôt sphéroïdal, se voyait au centre du cartilage du corps de chaque vertèbre, et interrompait la continuité de la notocorde au milieu de chacune de celles-ci.

### E. — DILATATIONS DE LA NOTOCORDE DU MOUTON.

Sur un embryon de mouton long de 4 centimètres, la notocorde offrait encore son extrémité antérieure renflée, mais

à contour diffus, difficile à voir, s'avançant jusqu'à la partie postérieure de la vésicule auditive (pl. I, fig. 3). De là elle s'étendait sans interruption jusqu'au bout de la queue, et se terminait en pointe mousse à l'extrémité postérieure de la dernière vertèbre caudale ou coccygienne, fait visible aussi sur les autres embryons de mouton dont il est question ci-dessous. Chez tous les embryons elle était large de 5 centièmes de millimètre, granuleuse, grisâtre, à contour un peu moins net que celle des rongeurs. Sur celui qui était long de 4 centimètres, elle n'offrait de renflements que dans quatre disques intervertébraux lombaires. Ces renflements étaient très-étroits, fusiformes, à peine perceptibles.

Sur un autre embryon de mouton, long de 7 centimètres, la notocorde était cylindrique dans toute son étendue, si ce n'est dans les deux premiers disques intervertébraux du sacrum, dans tous ceux des lombes et dans les deux derniers du dos. Ces dilatations étaient fusiformes, à peine ovoïdes aux lombes (pl. V, fig. 12), étroites, grisâtres, granuleuses, à contour un peu diffus. Les disques étaient plus minces et moins transparents que chez les fœtus d'homme, de porc, de lapin et de chien. La notocorde était interrompue par un point d'ossification au centre du cartilage de chaque vertèbre dans tout le rachis (*b*, *c*, *d*, *e*), depuis en bas jusqu'à la quatrième vertèbre lombaire, où cessaient de se montrer les points d'ossification. A partir de là, elle était continue et sans renflements jusqu'au bout de la dernière vertèbre caudale.

Sur un autre embryon de mouton long de 80 millimètres, les points d'ossification s'étendaient jusqu'au cartilage de la dernière vertèbre sacrée. Les disques intervertébraux étaient minces, peu transparents; la notocorde

ne s'apercevait plus ni dans les ligaments intervertébraux ni dans le cartilage du corps des vertèbres de chaque côté du point d'ossification, contrairement à ce qui avait lieu chez les fœtus dont il a été question plus haut. Les traces de renflement de la notocorde qui se voyaient dans les disques intervertébraux lombaires de l'embryon précédemment décrit avaient complétement disparu et étaient déjà envahies par le tissu fibreux de ses ligaments. Les disques placés entre les pièces du sacrum étaient devenus très-minces, mais la notocorde ne se voyait ni dans les disques ni dans le cartilage des pièces sacrées. Elle reparaissait pourtant à partir de la dernière et s'étendait, sans interruption ni renflements intervertébraux, jusqu'au bout de la dernière vertèbre caudale.

De même que chez le fœtus humain dont il a été question précédemment, il était impossible de retrouver l'enveloppe hyaline de la notocorde, si manifeste et si facile à observer sur les embryons très-jeunes encore. Le contour des dilatations intervertébrales du sacrum et des lombes (fig. 12, *a*, *g*, *h*, *i*) était diffus, et le contenu de ses cavités était grisâtre, formé de cellules polyédriques non réunies en amas et sans liquide analogue à celui qu'on trouve sur les lapins, etc.

Au centre du cartilage du corps de la dernière vertèbre lombaire, on observait une tache diffuse, finement grenue, plus foncée que le reste de l'organe ; avec un peu d'attention, il était possible de voir que la notocorde n'était pas encore interrompue à ce niveau, bien que (fig. 12, *b*) les granulations la rendissent plus difficile à observer qu'au-dessus et au-dessous de ce point. A la place correspondante à

cette tache, au centre de la quatrième vertèbre lombaire du cartilage, en un mot, on voyait un point d'ossification régulièrement ovalaire en travers et tout à fait opaque. Il interrompait assez brusquement à ce niveau la portion de la notocorde traversant le corps de la vertèbre (*c*). Sur la troisième vertèbre lombaire, un point d'ossification semblable, mais presque double, interrompait encore la corde dorsale, puis il en était de même au centre de la deuxième lombaire et de toutes les autres vertèbres jusqu'à la septième vertèbre cervicale. La notocorde se continuait sans interruption dans les autres vertèbres du cou, et était interrompue encore par un point osseux dans l'apophyse basilaire de l'occipital. Au-delà de ce point d'ossification, l'on apercevait encore l'extrémité céphalique de la notocorde, mais difficilement. Les points osseux des vertèbres étaient d'un tiers au moins plus gros que le second de ceux signalés ci-dessus, et ovalaires à contour assez net. On les voyait à l'œil nu, par transparence, dans toutes les vertèbres, sous forme de taches blanches opaques, larges de $\frac{1}{2}$ millimètre. La notocorde se trouvait ainsi interrompue d'espace en espace avec régularité au milieu du corps des vertèbres. Cette même disposition s'observe sur des fœtus humains, sur ceux de chien, de porc, de lapin, de rat, de vache, lors de l'apparition du premier point d'ossification central dans chaque vertèbre. Cette partie non dilatée de la corde dorsale disparaît ainsi peu à peu à mesure que progresse l'ossification ; mais elle s'aperçoit encore assez longtemps comme un court prolongement bipolaire de chaque dilatation intervertébrale.

Ainsi, sur le mouton, à compter de l'apparition du point d'ossification au centre du cartilage du corps des vertèbres,

la notocorde disparaît dans celui-ci, de même que ses dilatations intervertébrales, qui sont envahies par le tissu fibreux dans les points où elles s'étaient montrées. Cette disparition est même assez rapide, puisqu'elle est déjà effectuée sur les embryons longs de 8 centimètres et avant que les dilatations se soient produites au-delà des vertèbres lombaires. Chez les fœtus de vache, les dilatations se forment dans tous les disques intervertébraux comme il a été dit plus haut, mais disparaissent bientôt comme sur le mouton, de telle sorte qu'elles n'existent plus dans les fœtus longs de 20 à 25 centimètres.

## F. — DES DILATATIONS INTERVERTÉBRALES DE LA NOTOCORDE CHEZ LE RAT.

Sur deux embryons de rat (*Mus decumanus*, Pallas) longs de 28 millimètres du vertex à la racine de la queue (laquelle avait de plus 11 millimètres), j'ai constaté que l'évolution de la notocorde est à cet âge arrivée aux périodes d'évolution correspondantes à celles décrites ci-dessus.

Le corps du sphénoïde et ses ailes sont en partie ossifiés, mais laissent voir l'extrémité antérieure de la notocorde encore claire, non envahie par l'ossification. L'on suit celle-ci dans l'apophyse basilaire cartilagineuse; mais comme la base de l'apophyse est ossifiée (ainsi que les ailes de l'occipital) déjà dans une grande étendue, la notocorde est interrompue à ce niveau (planche III, fig. 7). On la voit ensuite reparaître au bord postérieur de celle-ci, passer derrière l'arc antérieur de l'atlas et traverser toute l'étendue de l'apophyse

odontoïde, puis toute la colonne cervicale, dont elle transperce le centre des vertèbres en conservant le diamètre qu'elle avait chez les embryons de 12 millimètres et au dessous. Elle présente un petit renflement ovoïde au milieu du corps de l'axis, au niveau du sillon de jonction de ses deux parties; ce renflement est un peu plus large que sur le lapin, mais moitié moins long (pl. III, fig. 7, *d*).

Entre l'axis et la troisième vertèbre cervicale, au milieu du disque intervertébral, la notocorde est considérablement dilatée, et ces dilatations s'observent dans toute la longueur du rachis comme chez les lapins. Elles cessent à la queue au huitième ou au neuvième avant-dernier espace intervertébral coccygien.

Le cartilage du corps des vertèbres a presque la même forme que ceux du lapin; mais à la queue, à partir de la deuxième ou troisième vertèbre coccygienne, toutes les autres ont la forme de poulie. Comme les disques intervertébraux sont bien plus minces que chez les lapins, les cavités sont toutes ovoïdes en travers, mais plus larges et moins épaisses que sur ce dernier, au point que leur diamètre transverse égale presque celui du corps vertébral même, surtout aux lombes. Au cou, les cavités intervertébrales, sont minces, lenticulaires (fig. 7 *d*); elles sont limitées en haut et en bas directement par le cartilage du corps des vertèbres, qui ellesmêmes se touchent presque à leur périphérie, tellement est mince le disque qui les unit ensemble. La cavité intervertébrale empiète aussi sur le corps vertébral plus que dans les autres animaux et se continue avec le canal qui la traverse de part en part et loge la notocorde. Au dos, les cavités, bien que toujours lenticulaires, sont moins larges, épaisses, et

leur circonférence plus arrondie rapproche leur coupe de celle d'un ovoïde. Aux lombes et dans les premiers espaces intervertébraux du sacrum, les cavités deviennent de nouveau presque aussi larges en travers que le corps des vertèbres et offrent à peu près la forme d'un ovoïde allongé, un peu aplati. Entre les vertèbres caudales, leur figure est plus nettement ovoïde. Les cellules de la notocorde forment dans ces cavités un amas central grisâtre, d'aspect grenu à un faible grossissement, qui ne les remplit pas tout à fait; la forme de ces amas reproduit à peu près celle de la cavité; ils sont nettement lenticulaires dans les cavités du cou, et leur coupe offre à peu près la figure d'un ovoïde. Ces amas de cellules sont constitués comme chez le lapin, et on peut aussi, par une légère pression, rompre le tissu du disque qui limite la cavité, et faire sortir le contenu sous forme de grumeaux flottant dans un liquide gélatiniforme limpide. Avant cet écrasement, on voit encore la continuation de cet amas central de cellules des cavités avec le cordon celluleux de la notocorde qui traverse de part en part le cartilage du corps des vertèbres. Toutefois, à cet âge, un point d'ossification central existe depuis la deuxième vertèbre dorsale (*j, k*) jusqu'à la troisième ou à la quatrième lombaire; dans toute cette portion du rachis, la notocorde se trouve aussi interrompue d'espace en espace par ce point d'ossification. Néanmoins, au travers de ce point opaque, on aperçoit un trait de la largeur de la notocorde environ, un peu moins foncé que le reste du tissu osseux, qui indique la trace de celle-ci. Bien que le corps des vertèbres cervicales ne présente encore aucun indice de ce point d'ossification central, leurs apophyses transverses sont ossifiées (*g, h, i*) autant que celles du

dos et des lombes; mais, au bassin, les apophyses transverses sont encore cartilagineuses, comme le corps des vertèbres.

Ces renflements ou dilatations de la notocorde représentent autant de cavités intervertébrales, creusées au centre des disques déjà formés de tissu fibreux assez dense et foncé, peu transparent sous le microscope. La minceur du tissu du disque à côté de la grandeur de la cavité est d'autant plus frappante que, sur les rats adultes, les disques intervertébraux sont extrêmement minces, purement fibreux, comme chez le bœuf et le cheval, et complétement dépourvus de cavité centrale.

*Remarques sur les faits précédents.* — On voit, par ce qui précède, comment le cordon celluleux qui représente la corde dorsale se trouve interrompu d'espace en espace, et comment s'oblitère le canal qui le renferme au centre du cartilage des vertèbres. Le liquide visqueux qui accompagne la notocorde augmente plus ou moins dans cette cavité suivant les espèces animales, et les cellules de la notocorde se trouvant à ce niveau se multiplient par segmentation. Elles forment ainsi des amas ou groupes qui, d'abord continus et adhérents les uns aux autres, deviennent peu à peu libres dans le liquide de la cavité; presque toujours aussi elles forment une couche adhérente à la face interne de cette dilatation. Ces phénomènes se produisent à une période de l'évolution embryonnaire qui diffère d'une espèce animale à l'autre. Chez le lapin, ils ont lieu aussitôt que se forment les dilatations intervertébrales de la notocorde, avant l'oblitération du canal central de chaque vertèbre par l'ossification; sur l'embryon humain, on trouve la cavité intervertébrale

ovoïde remplie par une masse unique de cellules, et il n'y a presque pas de liquide autour de celle-ci. Ce n'est qu'après l'apparition du point central d'ossification des vertèbres que le liquide se produit plus abondamment et qu'on voit la masse unique centrale dont les cellules se multiplient se partager en plusieurs petits amas de formes diverses. Il en est de même dans l'embryon de vache, bien que la cavité s'oblitère peu de mois après; sur le mouton, l'oblitération de celle-ci a lieu avant la production de ce liquide et des amas de cellules aux dépens de la dilatation centrale du cordon celluleux qui remplissait la cavité intervertébrale. Chez le chien, il ne se produit pas de liquide visqueux dans cette dernière, ni d'amas distincts de cellules; comme dans les poissons, cette cavité, bien que très-grande relativement, reste toujours remplie par les cellules de la notocorde immédiatement contiguës.

Ayant fait connaître le mode de production des cavités intervertébrales aux dépens de la notocorde, il faut actuellement étudier l'enveloppe de celle-ci et les cellules qui la composent et qui concourent à constituer le contenu de ces cavités lorsqu'elles ne le forment pas exclusivement.

## CHAPITRE IV.

*De l'enveloppe de la notocorde.*

Nous avons vu dans le chapitre précédent quelle est la constitution générale de la notocorde et quelles sont les modifications qu'elle subit, que subit en particulier le cordon celluleux, qui en est toujours considéré comme la partie constituante fondamentale.

Avant d'examiner séparément les changements que présentent soit le liquide qui sépare l'un de l'autre l'enveloppe et le cordon central, soit les cellules qui forment ce dernier, il importe de donner une description de cette enveloppe, qui est fort distincte sous tous les rapports des autres parties de cet appareil embryonnaire.

Quelque mince que soit encore la notocorde prise au-dessous du sillon de la ligne primitive dans l'axe de la tache embryonnaire, elle offre déjà l'aspect décrit précédemment et possède une enveloppe close de toutes parts (1).

---

(1) Baer (dans Burdach, *loc. cit.* 1838; t. III, p. 209) a décrit très-exactement, sur le poulet, comment naît l'enveloppe de la corde dorsale : « Comme la corde dorsale commence à se former par une série simple de globules d'une couleur foncée, de même aussi on voit cette ligne entourée d'une bordure claire, et plus la corde est foncée, plus la bordure est claire, jusqu'à ce

Cette enveloppe présente la forme et les dimensions attribuées dans le chapitre précédent à l'appareil entier, et elle suit les changements que ce dernier présente avec l'âge sous ces deux points de vue.

Sa surface extérieure est nette, lisse, régulière, et les éléments anatomiques qu'elle entraîne lorsqu'on l'isole des tissus ambiants s'en détachent sans trop de difficulté à l'aide des mouvements causés par des pressions alternatives exercées par les lamelles de verre. Il en est ainsi tant que le cartilage des corps vertébraux est assez mou pour être écrasé par la pression de manière à mettre ainsi en liberté la notocorde sur toute sa longueur ou sur une partie seulement, selon les hasards de la préparation. Plus tard, lorsque ce tissu est devenu plus ferme, si les dilatations intervertébrales n'existent pas encore, on peut retirer du centre des corps vertébraux et des disques cette enveloppe avec le cordon celluleux qu'elle renferme, sur une longueur plus ou moins considérable. Sa surface extérieure n'entraîne pas les éléments qui auparavant

---

qu'elle acquière la diaphanéité du verre. Mais, attendu qu'on la distingue de tous les côtés, elle est, à proprement parler, une *gaîne de la corde dorsale.* Dans le principe, elle ne fait qu'un avec la corde.... Il n'y a de remarquable à la corde dorsale que la solidité de la masse diaphane, car, en procédant avec précaution, on peut, dès le troisième jour de l'incubation, séparer la corde de sa gaîne.... La gaîne entoure aussi le bouton de la corde dorsalc, et c'est là que les extrémités antérieures des lames dorsales s'appliquent l'une contre l'autre. (Voyez aussi *Entwickelungsgeschicte ;* 1828 ; in-4°, p. 16.) Il ne parle pas de ses modifications évolutives ultérieures. Quant à la corde dorsale des mammifères, il se bornc à noter que son enveloppe est très-mince chez ces animaux (*loc. cit.* 1828 ; zweiter Theil, p. 208).

restaient adhérents çà et là contre elle, mais la gaîne elle-même reste semblable à ce qu'elle était dans les périodes du développement.

Quant aux corps vertébraux, ils offrent un canal à surface nette qui les traverse de part en part, et qui a déjà été décrit précédemment (page 269, pl. VII, fig. 16, 17, 18 et 19, *a*). Aucun fait ne prouve mieux que la substance de la gaîne de la notocorde ne prend aucune part à la production ni à la constitution du tissu des vertèbres et des ligaments intervertébraux.

La substance de cette enveloppe est tout à fait incolore, homogène, sans granulations, ni noyaux, ni fissures ou perforations. Elle se plisse parfois dans le sens longitudinal, surtout vers l'extrémité céphalique ou renflée de l'organe, mais elle ne présente pas de stries proprement dites.

Son épaisseur est d'abord très-difficile à déterminer, parce qu'on ne voit pas de suite la ligne qui, parallèle à celle qui marque sa surface extérieure, vient indiquer la limite de la face interne. Cela tient à ce que le liquide, également hyalin, qui remplit l'espace séparant le cordon celluleux grisâtre de son enveloppe, offre un pouvoir réfringent égal à celui de cette dernière même; de sorte qu'on ne distingue qu'un espace uniformément clair entre la surface extérieure de la paroi et celle du cordon celluleux qu'elle protége. Mais lorsque, par suite d'un commencement d'altération cadavérique ou du contact de l'eau, les cellules les plus superficielles du cordon celluleux présentent les expansions sarcodiques vésiculiformes mentionnées plus haut, qui viennent presser contre l'enveloppe, la face interne devient très-distincte. Une ligne nette, parallèle à la surface extérieure l'indique, de

chaque côté; la distance qui sépare cette ligne de celle qui limite la surface externe montre quelle est l'épaisseur de cette enveloppe. Elle est, comme je l'ai déjà dit, de 3 millièmes de millimètre sur toutes les espèces animales que j'ai observées et dans toute l'étendue de l'organe.

Ces particularités sont encore plus faciles à voir après l'action de l'acide acétique. Ce réactif, en effet, rend un peu plus grenu le cordon celluleux de la notocorde et moins nette sa surface; il contracte un peu la gaîne étudiée ici et fait diminuer l'épaisseur de la couche de liquide interposée entre ces deux organes. En outre, il rend plus foncée et très-légèrement jaunâtre la substance de l'enveloppe, sans la dissoudre ni changer son aspect homogène, mais il faut qu'elle réfracte plus fortement la lumière qu'auparavant. En même temps on voit se dessiner nettement la ligne qui marque la face interne de la cavité que limite cette enveloppe, et celle qui indique la face interne devient plus foncée, comme sur tous les corps qui réfractent assez fortement la lumière.

A l'exception des changements de forme de cette gaîne qu'entraîne la production des dilatations intervertébrales de la notocorde, elle conserve les caractères précédemment décrits pendant toute la durée de son existence. On peut en constater la présence jusqu'à l'époque où apparaît le point osseux central du corps de chaque vertèbre. A compter de ce moment, l'enveloppe de la notocorde ne peut plus être isolée ni aperçue; elle disparaît dans le petit canal du corps vertébral correspondant qui la logeait, et s'atrophie graduellement de là vers les cavités des disques intervertébraux voisins.

C'est à tort que quelques auteurs ont supposé que les

corps vertébraux cartilagineux proviennent d'une *chondrification* de la gaîne de la notocorde ou d'une transformation de celle-ci même en cartilage, tandis que les disques intervertébraux résulteraient du passage à l'état fibreux de ces mêmes parties, en des points alternant avec les précédents. Ces organes naissent chacun à des époques et d'une manière différentes autour de cette enveloppe, mais celle-ci ne prend aucune part à ce phénomène. On ne voit nullement qu'après avoir eu les caractères ci-dessus, elle soit le siége d'un épaississement et d'un changement de nature, de manière à devenir là cartilage et tissu fibreux ou fibrocartilagineux au-dessous et ainsi de suite. Elle disparaît au contraire au niveau du cartilage du corps vertébral lors de son ossification, et, au niveau des disques, la gaîne disparaît lorsque surviennent les changements de la notocorde même, décrits plus loin. Elle n'est pas non plus, à proprement parler, une *colonne vertébrale rudimentaire,* ni *la base embryonnaire de la colonne vertébrale*, en tant que point de départ de la génération des pièces cartilagineuses, osseuses et fibreuses de celle-ci, contrairement à ce qu'admettent beaucoup d'auteurs.

A cet égard, elle constitue un organe ayant son individualité propre, au point de vue du mode de génération et de développement des éléments qui constituent ses trois parties fondamentales (cordon celluleux, gaîne et liquide visqueux interposé) ; au point de vue aussi de leur mode de disparition chez les animaux, où ils disparaissent complétement (ruminants) ou partiellement sur la plupart des vertébrés.

En raison d'un certain degré de rigidité et d'élasticité, la notocorde joue le rôle de pièce de soutien ou squelettique pour la portion du blastoderme dite *tache embryonnaire.*

Mais bientôt, en même temps que se produisent les organes essentiels du nouvel être, s'ajoutent à elle les corps cartilagineux des vertèbres et leurs disques, qui souvent la remplacent en totalité ou en grande partie, sans en provenir.

Les faits de ce genre ne sont pas rares durant la succession des phases de l'évolution. La notocorde n'est pas plus une colonne vertébrale rudimentaire ou embryonnaire, anatomiquement parlant, que le *cartilage de Meckel* n'est une mâchoire inférieure transitoire, et réciproquement, les pièces vertébrales ne proviennent pas plus des tissus de la corde dorsale que les maxillaires inférieurs ne dérivent du cartilage précédent.

Dans le principe, le cartilage de Meckel sert de squelette ou de soutien au premier *arc viscéral* ou branchial de l'embryon, mais il établit bientôt une connexion directe, sans discontinuité de tissu, et des plus remarquables, entre la symphyse de la mâchoire inférieure et le marteau de l'oreille moyenne qui en constitue l'extrémité intérieure. Cette connexion curieuse entre le squelette de l'appareil auditif et celui de l'appareil masticateur et du goût, qui se prolonge pendant une partie de la vie fœtale chez tous les vertébrés, ne laisse plus tard aucune trace sur les mammifères adultes; toutefois, des parties d'autres systèmes anatomiques établissent pendant toute la vie des relations de cet ordre entre l'oreille moyenne et ces derniers appareils; telles sont la continuité de la muqueuse du tympan avec celle du pharynx, les rapports de contiguïté de la corde du tympan, se rendant à la langue, et ceux plus indirects d'insertions musculaires.

L'apparition de cet organe est un fait d'épigénèse et non d'évolution, c'est-à-dire qu'il ne dérive d'aucun autre l'ayant

précédé ; c'est lui au contraire qui précède la naissance de la mâchoire inférieure. On voit ici, comme pour beaucoup d'autres espèces d'éléments anatomiques, de tissus et surtout d'organes, certaines dispositions embryonnaires précéder et préparer en quelque sorte chacune des dispositions anatomiques définitives, mais sans prendre part d'une manière directe à leur constitution. Ces dispositions succèdent aux autres sans les reproduire. Elles ont, par rapport aux premières, des relations de succession, mais non de similitude, lorsqu'il s'agit de tissus constituants, comme dans le cas dont nous parlons (1).

Or ces remarques s'appliquent en tous points à la notocorde par rapport à la colonne vertébrale. C'est ce que vont nous montrer les faits exposés dans la seconde division de ce travail.

---

(1) Ch. Robin et Magitot, *Sur un organe transitoire de la vie fœtale, Ann. des sc. naturelles.* Paris, 1862 ; in-8°, t. XVIII.

# DEUXIÈME PARTIE.

## DES CAVITÉS INTERVERTÉBRALES ET DE LEUR CONTENU.

Les faits qui concernent le mode de génération des parties qui limitent les cavités intervertébrales, c'est-à-dire les disques et les vertèbres mêmes qu'ils séparent, doivent être connus pour arriver à bien comprendre ce que sont exactement ces cavités mêmes. Il en sera question par conséquent dans les deux premiers chapitres de cette deuxième partie ; le troisième chapitre traitera essentiellement de leur contenu et de ses modifications successives.

# CHAPITRE I.

*De la formation des cavités intervertébrales, des disques et des vertèbres qui leur correspondent.*

---

## § I. — *Sur quelques faits concernant l'apparition du cartilage d'ossification des vertèbres en général.*

Lorsque les embryons des mammifères ont atteint une longueur de 4 à 6 millimètres (cochon d'Inde, lapin, rat, chien, mouton, porc, vache, embryons humains), on voit, vers le milieu de la longueur de la notocorde, apparaître autour d'elle, comme axe, le cartilage du corps de trois à quatre vertèbres thoraciques. Leur nombre augmente assez rapidement pendant les jours suivants, tant en avant qu'en arrière, jusqu'à ce qu'il atteigne le chiffre propre à chaque espèce. L'apparition des cartilages des vertèbres coccygiennes se fait ensuite plus lentement. Les uns et les autres de ces cartilages sont séparés par des espaces réguliers, d'abord plus clairs et beaucoup plus étroits qu'eux. Le tissu propre des disques intervertébraux naissant quelques jours après, ces espaces deviennent au contraire plus foncés que les cartilages et que la notocorde par laquelle ils sont traversés comme ces derniers.

C'est dans ces espaces intervertébraux pleins d'une substance hyaline translucide qu'a lieu la génération du tissu fibreux des disques. Cette production commence par la genèse des noyaux embryoplastiques ovoïdes, plus étroits et plus allongés que les noyaux particuliers par l'apparition desquels débute la formation des cartilages ; presque tous ont leur grand diamètre parallèle ou à peu près parallèle à l'axe du rachis. La couche intervertébrale qu'ils constituent est plus foncée, moins transparente que le corps cartilagineux qu'elle sépare ; elle s'épaissit de plus en plus, et on distingue bientôt dans son épaisseur des corps fibro-plastiques presque tous fusiformes, ayant pour centre un de ces noyaux et disposés à peu près parallèlement les uns aux autres dans le sens de la longueur du rachis, et dont le nombre l'emporte de plus en plus sur celui des noyaux restés libres. A un grossissement de 300 diamètres ou environ, qui permet de bien distinguer ces éléments et ceux du cartilage, on voit qu'il y a une différence très-tranchée entre le tissu du disque et celui des cartilages qu'il sépare, malgré l'intime contiguïté de leurs deux substances. Une ligne nette dévoile la régularité du plan d'adhésion de ces deux tissus ; de l'un de ses côtés, le tissu du disque est foncé, de l'autre, celui du cartilage est beaucoup plus translucide, et aucun des éléments de l'un des deux tissus ne traverse ce plan pour passer dans l'organe du côté opposé et établir une transition de l'un à l'autre. Il en est de même, du reste, sous ces divers rapports, pour le périchondre des autres surfaces des vertèbres et des autres os des fœtus. D'un côté de ce plan, le cartilage offre des chondroplastes arrondis ou ovoïdes que le noyau ne remplit

plus et déjà séparés les uns des autres par une épaisseur de substance fondamentale hyaline égale au moins à leur propre diamètre. Celle-ci et les chondroplastes cessent d'exister d'une manière nette au niveau du plan d'adhérence du cartilage avec le disque. De l'autre côté du plan d'adhésion, le tissu de ce ligament présente des noyaux embryoplastiques étroits, allongés, plus petits que les chondroplastes, et des corps fusiformes minces, écartés et réunis à la fois par une substance homogène, non granuleuse, plus transparente que celle du cartilage, avec laquelle pourtant elle est en contiguïté immédiate. Entre les tissus du disque et du cartilage il n'y a pas interposition du périoste formé de corps fibroplastiques immédiatement contigus les uns aux autres, qui recouvre la circonférence de chaque corps de vertèbres. (Ch. Robin, *Sur le développement des vertèbres. Journal de l'anatomie et de la physiologie*. Paris, 1864. In-8°, p. 298.) Jamais on ne voit la colonne vertébrale être constituée d'une seule pièce dont le cartilage passerait directement par places à l'état de disque fibreux par striation en fibres, contrairement à ce qu'ont admis quelques auteurs modernes (1).

---

(1) On sait que l'embryogénie, aussi bien que la physiologie, contredit l'hypothèse fondée sur des faits pathologiques mal observés et, par suite, mal interprétés, d'après laquelle les éléments des tissus lamineux, osseux, cartilagineux, etc., formeraient un groupe dans lequel une espèce se transformerait en telle ou telle autre pour revenir ensuite accidentellement, soit à son état originel, soit à l'état de quelque autre espèce différente de celle qui aurait servi de point de départ. Ce n'est que d'après des observations mal faites de pièces pathologiques, et en dehors de toutes connaissances embryogéniques, que quelques médecins admettent que les cellules du cartilage deviennent des

Plus tard, mais assez longtemps avant l'apparition des premiers points d'ossification dans les corps vertébraux thoraciques, etc., la notocorde augmente de volume, s'épaissit ou se dilate régulièrement en forme de varicosités ovoïdes, fusiformes ou lenticulaires au centre de chaque disque intervertébral, depuis le premier jusqu'au dernier du coccyx, y compris ceux du sacrum. Ces dilatations persistent partout où les vertèbres ne se soudent pas, jusqu'à un âge qui varie

---

ostéoplastes; que les *ostéoplastes se transforment en médullocelles,* qu'ils peuvent être *mis en liberté par désagrégation de la matière osseuse proprement dite ;* que les médullocelles à leur tour deviennent des cellules adipeuses, et que non-seulement le tissu fibreux peut devenir cartilage ou os, mais que le *cartilage* peut, dans le rachis, se *strier en fibres pour constituer les disques intervertébraux.* L'embryogénie, je le répète, montre que ce n'est pas de la sorte que naissent les disques intervertébraux. (Voyez *Journal de l'anatomie et de la physiologie*, Paris, 1864, in-8°, p. 283.) On trouve, en traitant le tissu lamineux par l'acide acétique, des noyaux réguliers ou un peu irréguliers; ce sont des noyaux embryoplastiques et les noyaux des corps fibro-plastiques, qui persistent pendant toute la vie partout où il y a des fibres lamineuses. On y rencontre aussi des fibres lamineuses restées à l'état de *corps fibro-plastiques fusiformes ou étoilés.* Virchow les suppose être des *formes non développées du tissu élastique* qui serviraient à *charrier des sucs et à favoriser la nutrition.* Kölliker, les regardant comme analogues physiologiquement aux canalicules de la dentine et à ceux des ostéoplastes, les appelle *cellules plasmatiques,* et nomme *tubes plasmatiques* leurs prolongements fusiformes ou étoilés. L'observation embryogénique ne permet d'accepter ni le mot ni l'hypothèse. Celle-ci est imitée de celle des exhalants et des absorbants qu'on supposait jadis destinés à jouer ce rôle ; hypothèse que renverse la connaissance des lois de l'endosmose, et ce fait surtout que nombre de tissus dépourvus de noyaux embryoplastiques et de corps fibro-plastiques, autant que de *tubes plasmatiques,* se nourrissent et *charrient des sucs* aussi bien que ceux qui renferment ces corps comme éléments anatomiques accessoires.

d'une espèce animale à l'autre, et constituent les cavités pleines de la substance gélatiniforme des disques intervertébraux.

Dans l'apparition des cartilages du corps de chaque vertèbre autour de la notocorde, pendant qu'elle est encore cylindrique, chaque cartilage se produit circulairement tout autour de celle-ci, et non sous forme de deux moitiés, l'une droite et l'autre gauche, qui se réuniraient ensuite au-dessus et au-dessous de cet organe. Dès l'origine, il y a une épaisseur de cartilage presque aussi considérable du côté où sera la moelle épinière qu'à droite et à gauche; mais en avant, cette épaisseur est beaucoup moindre et reste telle jusqu'à la fin. (La figure 16, pl. VII, permet de se rendre compte de ce fait d'après la situation du canal que traverse la notocorde, et qu'on voit vers la convexité de ces figures.)

De très-bonne heure, les côtés des corps vertébraux cartilagineux s'accroissent plus vite que les portions qui sont antérieures et postérieures par rapport à la notocorde (1).

---

(1) Selon Baer (*loc. cit.* 1828 et dans Burdach, *Physiologie*, trad. fr., Paris, 1838, t. III, p. 219), « pendant que les lames dorsales se rapprochent chacune l'une de l'autre par leurs bords supérieurs, on voit paraître dans leur intérieur les vertèbres, *chacune en deux pièces*. Ces vertèbres sont constituées comme la corde dorsale par des grains très-serrés, formant des taches entourées d'auréoles claires. Il n'existe là encore aucune trace d'une autre texture plus analogue à celle du cartilage. » D'après Rathke (*Ueber die Entwickelung des Schädels der Wirbelthiere. — Vierter Bericht ueber das Wissenschaftliche Seminar zu Kœnigsberg.* Kœnigsberg, 1839, in-4°), l'apparition du corps des vertèbres commence par un dépôt à droite et à gauche de la corde dorsale, formé d'un blastème partout uniforme, composé de grains grossiers. Puis il

Celle-ci étant plus transparente encore que le tissu cartilagineux, ou *vice versâ*, selon le mode d'éclairage adopté, il en résulte que les vertèbres, vues de dos ou de face, semblent au début divisées en deux moitiés distinctes, paraissant quadrilatères, séparées par la corde dorsale, tandis qu'en réalité il y a continuité de l'une avec l'autre, bien que ce soit encore seulement par une faible épaisseur de cartilage au niveau de cette dernière. C'est ce que montrent les coupes faites à dessein ou même les hasards de la préparation qui, en dissociant les premières petites masses des corps de vertèbres apparues et brisant la notocorde, font tourner vers l'œil de l'observateur les faces symphysaires des cartilages.

Les corps vertébraux sont les premiers cartilages qui appa-

---

croît et s'avance tant au-dessous qu'au-dessus de la corde, qu'il recouvre au bout de quelque temps; mais il augmente d'épaisseur des deux côtés surtout, de sorte qu'il se forme à droite et à gauche de celle-là un grand nombre de *petites plaques quadrilatères,* toutes séparées les unes des autres par des intervalles étroits, moins épais, plus transparents. Les premières apparaissent au milieu de l'embryon, à peu près où sera plus tard la poitrine, puis leur nombre s'accroît tant en avant qu'en arrière surtout. En croissant à la rencontre l'une de l'autre, ces petites plaques se soudent au-dessus et au-dessous de la corde dorsale et forment alors un anneau entourant cette dernière. — Depuis que ces descriptions ont été publiées, on a toujours pris pour la réalité les apparences physiques précédentes, qui résultent de la disposition anatomique des parties indiquées dans le texte, mais qui, prises pour ce qu'elles semblent être au premier coup d'œil, induisent en erreur. Le fait est que les cartilages apparaissent comme il va être dit plus loin, forment de prime abord des anneaux entourant la notocorde, mais réfractant la lumière bien moins fortement que celle-ci, qui prend ainsi l'aspect d'une bande claire, presque brillante; leur substance est dissimulée de la sorte pour l'œil, si on ne les examine pas sous toutes leurs faces successivement.

raissent dans l'économie. On peut suivre les phases de leur génération sur les vertèbres du dos en prenant de très-jeunes embryons de lapin et de cochon d'Inde. On le peut aussi sur les embryons plus âgés de ces mêmes animaux, et de rat, de vache, de truie, etc., en observant les vertèbres coccygiennes, depuis celles qui sont au début de leur apparition jusqu'à celles qui sont entièrement développées.

Cette génération consiste en une genèse simultanée de noyaux ovoïdes et d'une substance amorphe hyaline interposée. Par rapport à cette dernière, chaque noyau se trouve ainsi englobé ou inclus dans une cavité qu'elle limite et qu'elle remplit; chaque cavité représente un chondroplaste, dont le noyau est alors le seul contenu, plus tard constitué par une ou plusieurs cellules. Il n'est pas rare pourtant de trouver deux noyaux contigus dans une seule de ces cavités.

Ces noyaux sont un peu plus petits, plus granuleux et plus foncés que ceux du tissu embryoplastique ambiant, aussi les petites masses ou noyaux que forme le cartilage autour de la notocorde sont-ils moins transparents que ce tissu (1). L'observateur est en quelque sorte averti du début

---

(1) A l'époque où naissent les cartilages des corps vertébraux autour de la notocorde, il n'existe plus de *cellules embryonnaires* ou *de la tache embryonnaire,* appelées aussi par divers auteurs *cellules primitives, cellules primaires, cellules des feuillets animal et végétatif de l'*AREA GERMINATIVA (Bischoff, *Histoire du développement,* Paris, 1845, in-8°, trad. fr., p. 685, et Atlas, pl. VIII, fig. 49, B et C, p. 425). Dans beaucoup d'ouvrages, l'expression de *cellules blastodermiques* et de *cellules embryonnaires* désigne à la fois et sans distinction aucune : 1° les *cellules de la vésicule blastodermique,* dont : *a.* celles du *feuillet externe* vont bientôt devenir les cellules du *chorion* et les cellules pavimen-

de la genèse de chaque corps de vertèbres par l'apparition autour de la notocorde d'une petite masse foncée à contours diffus ; car, dans les premiers jours, les bords du cartilage sont pâles, dépourvus de périchondre, et par suite semblent mal limités.

Dans le principe, la substance fondamentale homogène du cartilage est molle, et se laisse écraser facilement jusqu'à dissociation et mise en liberté des noyaux qu'elle englobait. Mais peu à peu elle prend plus de consistance, et en même temps elle augmente de quantité, de sorte que les noyaux se trouvent plus écartés les uns des autres qu'au début, et le cartilage devient plus transparent. En même temps aussi les

---

teuses de l'*amnios* autour de la tache embryonnaire; *b.* celles qui sont sous-jacentes ou plus internes, qui vont constituer les *cellules de la vésicule ombilicale*, distinctes pourtant des précédentes, et l'une de l'autre dans les deux parois qu'elles forment ; 2° les cellules des feuillets de l'*area germinativa* ou *tache embryonnaire*, dites ici *cellules embryonnaires*. Ces dernières cellules sont déjà remplacées par les noyaux embryoplastiques, au moins dans les *lames dorsales* et *ventrales* et autour de la notocorde, où ces noyaux forment le tissu embryoplastique au sein duquel naissent les cartilages vertébraux, puis les premiers faisceaux musculaires, puis les cartilages des côtes, des clavicules et des membres. Ces noyaux embryoplastiques, bien que moins longs et généralement un peu plus grenus qu'ils ne le seront plus tard, lorsqu'au lieu d'être l'élément fondamental des parois du corps embryonnaire, ils seront devenus un élément accessoire de la plupart des tissus, ces noyaux sont cependant un peu plus gros et plus ovoïdes que ceux des cartilages naissants. Cette absence de cellules embryonnaires à l'époque et dans la région où naissent les premiers cartilages apparus, montre qu'on ne saurait admettre que le cartilage est formé par la soudure de cellules de cette espèce à l'aide d'une substance hyaline, comme beaucoup d'auteurs l'admettent encore depuis Schwann. (*Mikroskopische Untersuchungen*, etc., Berlin, 1838, in-8°, p. 114 et 115.)

cavités qu'elle limite, et qui se trouvaient remplies exactement par chaque noyau, deviennent irrégulièrement ovoïdes ou triangulaires ou mieux pyramidales. Elles grandissent, et par suite leur contour s'éloigne de celui du noyau ; l'intervalle qui sépare ces deux surfaces se remplit d'une substance finement grenue représentant un corps de cellule par rapport au noyau central.

On constate facilement qu'après les corps vertébraux, de chaque côté d'eux et à un niveau un peu plus élevé que le leur, naissent de la même manière autant de paires de petites masses, plus foncées, mais devenant bientôt plus transparentes que les tissus voisins, acquérant alors l'aspect cartilagineux. Ces masses représentent le cartilage de chacun des groupes appendiculaires latéraux des vertèbres, ainsi que le montre leur évolution ultérieure, c'est-à-dire les apophyses articulaires et transverses de toutes les vertèbres, y compris les sacrées et les coccygiennes. Distinctes du corps vertébral correspondant, elles se soudent plus tard à lui par leur portion rétrécie la plus rapprochée de celui-là, portion qui forme le pédicule de l'anneau. Ce n'est qu'après cette soudure que de chacune de ces petites masses latérales s'élève la lame vertébrale correspondante ; puis ce n'est qu'à la suite de la soudure bien plus tardive des deux lames l'une avec l'autre, derrière la moelle épinière, que se développe l'apophyse épineuse, dernière partie formée dans chaque vertèbre. Ainsi, au point de vue de sa génération, la vertèbre n'est pas essentiellement un anneau, ainsi qu'on le dit quelquefois ; son passage à l'état d'anneau marque une des dernières phases de son évolution, et les lames ne naissent point de l'apophyse épineuse : c'est l'inverse qui a lieu. Les masses

latérales des vertèbres, nées comme cartilages distincts, puis soudées à la série des corps vertébraux correspondants formant l'axe squelettique, donnent naissance aux lames, à la manière d'une poussée qui en est une dépendance; puis, après la réunion de ces lames encore cartilagineuses, c'est leur portion soudée sur la ligne médiane qui s'allonge en apophyse épineuse.

Les cartilages d'ossification des côtes ne se produisent pas à la fois sur toute la longueur qu'ils doivent avoir, mais se développent du rachis vers le sternum. Ces cartilages apparaissent assez tard après les corps vertébraux correspondants, comme pièces distinctes de ceux-ci et des masses latérales ci-dessus, contiguës et non contiguës avec elles. Il m'a paru même, chez un embryon de chien, que les apophyses transverses (ou costiformes) lombaires, qui chez l'adulte sont soudées aux côtés du corps à la base du pédicule de l'arc vertébral, il m'a paru, dis-je, que ces apophyses naissent comme les côtes, par un cartilage distinct qui se soude bientôt au corps vertébral correspondant.

En raison du moins de transparence des cartilages au moment de leur naissance, par rapport à ce qu'ils seront plus tard, leur portion contiguë aux vertèbres et la plus anciennement formée est plus transparente que l'autre extrémité, qui est libre dans les tissus des parois du corps, du côté du sternum qu'elle n'atteint pas encore.

Sur les embryons humains longs de 24 millimètres du vertex au talon ou environ, et sur ceux des autres mammifères arrivés à des périodes correspondantes de leur évolution, on voit très-nettement dans l'épaisseur des parois thoraciques les côtes; elles sont claires, transparentes sous le

microscope dans leur portion postérieure déjà nettement cartilagineuse. Mais au delà elles sont presque opaques et représentées par un prolongement antérieur plus foncé que les tissus voisins, composé seulement de noyaux granuleux contigus, ou à peu près, entre lesquels à cette époque il n'existe que fort peu de substance fondamentale chyaline.

Lorsque plus tard on observe les cartilages naissant dans les membres de l'embryon, encore sous forme de moignon, on constate aussi : *a.* qu'ils apparaissent également par génération simultanée de petits noyaux foncés rapprochés les uns des autres (pl. VII, fig. 17), tenus à la fois réunis et écartés par une petite quantité de substance homogène très-molle à cette période ; *b.* que les derniers nés, comme les cartilages des phalanges ou du tarse et du carpe, par exemple, sont bien plus foncés (quoique ayant un contour moins net qu'ils ne l'auront plus tard) que les cartilages des membres nés avant eux ; *c.* que du reste ils deviennent plus transparents à mesure que la substance amorphe interposée aux noyaux augmente de consistance et de quantité, de manière à écarter ceux-ci les uns des autres ; à mesure aussi que les noyaux grossissent un peu et que la cavité qu'ils remplissent grandit, de manière que son contour s'écarte de celui du noyau inclus. Ces phénomènes sont encore les mêmes lors de la génération des cartilages et fibro-cartilages permanents de la trachée, de l'épiglotte, de l'oreille, de tous les cartilages de l'économie, en un mot.

Cette uniformité de phénomènes dans la génération des cartilages, depuis les premiers apparus jusqu'à une époque déjà avancée, c'est-à-dire jusqu'à une période où il n'existe certainement plus nulle part dans l'embryon de cellules

embryonnaires, est importante à noter. Il n'importe pas moins de signaler que lorsqu'on dissocie le cartilage naissant, ce sont des noyaux et non des cellules qu'on met en liberté. A mesure que la substance homogène qui leur est interposée, qui les tient à la fois réunis et écartés, durcit et augmente de quantité, on voit de mieux en mieux que chaque noyau remplit une cavité limitée par cette substance homogène dans laquelle elle est comme creusée directement; que ces cavités s'écartent de plus en plus les unes des autres à mesure que cette substance augmente de quantité. On voit en outre que c'est lorsque ces cavités deviennent plus grandes que le noyau qu'elles contiennent qu'il se produit autour du noyau une substance finement grenue, remplissant l'intervalle qui sépare celui-ci de la face interne de la cavité et représentant le corps d'une cellule dont le noyau précédent est le centre. Ce ne sont plus alors les noyaux seulement qui peuvent être isolés de la substance homogène fondamentale interposée aux cavités, mais ces cellules mêmes. A aucune époque, tant lors de l'apparition des cartilages encore mous, foncés, et à noyaux très-rapprochés, que plus tard, il n'est possible de séparer cette substance fondamentale en autant de cellules qu'il y a de noyaux. On n'isole des cellules que lorsque celles dont il vient d'être question se sont produites dans les chondroplastes à mesure que ceux-ci s'agrandissaient (1).

---

(1) Ni au début de la génération des premiers cartilages des corps vertébraux, ni lors de l'apparition de ceux qui se montrent plus tard, on ne peut voir les cartilages se formant par des cellules, qui naissant d'abord se rapprocheraient pour se souder directement ou par l'intermédiaire d'une substance intercellulaire; pas plus qu'on ne peut dissocier ces cartilages nouveaux en cellules

Une fois les corps vertébraux formés, en les séparant les uns des autres sur des embryons dont les tissus commencent à se ramollir, on peut en arracher la notocorde avec sa gaîne tant qu'ils sont encore entièrement cartilagineux, tant qu'il ne s'y est produit aucun point d'ossification. Un canal central se voit facilement au centre du corps de la vertèbre, plus près de sa face antérieure que de sa face postérieure (pl. VII, fig. 16 et 17 *a*.). Il a chez l'homme 5 centièmes de millimètre de large; il est cylindrique, nettement limité par une zone de substance fondamentale du cartilage qui, sur une épaisseur de 15 millièmes de millimètre, est entièrement homogène (fig. 17 *b*.), hyaline, dépourvue de chondroplastes, et ceux-ci, ainsi que les noyaux qu'ils renferment, sont plus petits près d'elle que dans le reste de l'étendue du corps vertébral.

Cette disposition s'observe déjà sur les cartilages des corps vertébraux d'embryons bien plus jeunes, et cela dès l'époque où l'on peut isoler ces cartilages des tissus mous ambiants.

---

dont le corps serait formé par la substance fondamentale du cartilage, en totalité ou en partie, et auraient pour centre les noyaux signalés ci-dessus. Il n'est donc pas exact de dire avec Schwann et ses successeurs que le cartilage se développerait de cellules qui dans leur état primaire ne différeraient en rien des autres cellules primaires et qu'on ne saurait distinguer de celles qui, disposées autour d'elles, doivent servir à la formation d'autres tissus. Ce n'est pas non plus par rapprochement des unes des autres de ces cellules, ni par leur réunion au moyen d'une substance hyaline intercellulaire, que se forme le cartilage, substance d'abord si molle ue les cellules tomberaient par le seul fait de la préparation ou d'une légère pression. Aucun des faits relatifs à la génération des premiers cartilages ne rentre dans ceux dits de génération endogène ni de prolification des cellules. C'est, comme on le voit, autrement que ne l'indiquent ces hypothèses qu'a lieu la genèse du tissu cartilagineux.

L'existence de cette épaisseur relativement considérable de substance fondamentale hyaline du cartilage, dépourvue de cavités, et par suite des noyaux qui les comblent à cet âge, prouve d'une manière nette qu'on ne saurait considérer cette matière interposée aux chondroplastes (ou mieux dans laquelle ceux-ci se trouvent être creusés) comme sécrétée par les cellules ; cellules que du reste ils ne contiennent pas encore.

Dès l'époque où les embryons mammifères ont de 24 à 26 millimètres de long, ces noyaux, situés dans les chondroplastes, sans être sphériques, ont pour la plupart déjà grossi assez pour être plus larges et plus arrondis que les noyaux embryoplastiques du tissu qui entoure les vertèbres. Ces derniers sont plus étroits, de même longueur, ou ordinairement plus longs que les premiers.

Dès cette époque aussi chaque cartilage commence à s'entourer d'une mince couche de corps fibro-plastiques fusiformes, enchevêtrés sur deux ou trois rangs, indiquant le début de la formation du périchondre, corps ne dérivant pas plus des éléments du cartilage que ceux-ci ne dérivent des corps fusiformes. C'est vers la même époque également qu'on commence à distinguer les disques intervertébraux, comme composés par un tissu différent de ceux qui les entourent. Ils sont formés aussi, comme le périchondre naissant, par de courts corps fibro-plastiques presque tous enchevêtrés dans le sens de la longueur du rachis, mélangés de beaucoup de noyaux embryoplastiques et de matière amorphe ; aussi est-il facile de les dissocier par la simple pression.

Malgré l'adhérence du tissu des disques au cartilage, adhérence qui croît de plus en plus, l'examen de ces organes à

l'aide d'un grossissement de 300 diamètres environ, montre qu'il y a une différence très-marquée entre ces deux tissus. Cette différence devient plus tranchée encore vers l'époque où la notocorde se dilate au centre de chaque disque, parce qu'alors les chondroplastes sont déjà écartés les uns des autres par un intervalle à peu près égal à leur propre diamètre. Ils sont aussi devenus assez grands pour n'être plus remplis par le noyau qu'ils contiennent. Ces particularités permettent en effet de voir plus facilement la limite nette du cartilage, qui se distingue bien de celle du disque, malgré leur contiguïté et leur adhérence moléculaire sans interposition de périoste.

Tant que les renflements de la notocorde au centre des disques qu'elle traverse ne sont pas encore prononcés, on parvient parfois à en arracher la notocorde et sa gaîne en même temps qu'on l'arrache des cartilages contigus, ou à l'isoler par dissociation du tissu fibreux naissant et encore très-mou (1).

---

(1) Les faits précédents prouvent nettement qu'il n'est pas exact de dire, avec quelques auteurs, que les corps vertébraux proviennent d'une chondrification de la gaîne de la notocorde, d'une transformation de la corde dorsale ou de son enveloppe (V. R. Owen, *Ostéologie comparée,* Paris, 1855, in-8°, p. 137) en cartilage, et que les disques résultent de son passage à l'état fibreux ; qu'ils résultent de son passage à l'état de cartilage ici, de tissu fibreux au-dessous, et ainsi de suite alternativement, dans toute la longueur de la notocorde. Ces organes se produisent chacun à des époques et d'une manière différentes autour de cette enveloppe, mais celle-ci ne prend aucune part à ce phénomène. Les opinions précédentes ont pourtant été assez généralement admises depuis que Rathke s'est exprimé ainsi qu'il suit à ce sujet (Rathke dans Burdach, *Physiologie,* trad. fr., Paris, 1838, in-8°, t. III, p. 139) : « *De cette gaîne* (de la corde dor-

## § II. — *Sur le mode d'apparition du cartilage d'ossification de l'atlas et de l'axis en particulier.*

Lorsqu'on suit le mode d'apparition de l'atlas et du corps de l'axis en particulier sur de très-jeunes embryons mammifères, on observe les faits suivants.

C'est par deux petites masses cartilagineuses superposées, distinctes bien que très-rapprochées, que naît le corps de l'axis, à une époque où les embryons de cochon d'Inde, par exemple, ont une longueur de 10 à 11 millimètres. Celle qui est en arrière a la forme de la troisième vertèbre cervicale,

---

sale chez les poissons) *poussent par paires,* entre la tête et le bout de la queue, un très-grand nombre de petites tiges dirigées vers le haut qui embrassent la moelle épinière sur les côtés. » (Nous avons vu que c'est le corps vertébral qui naît le premier chez les mammifères et que les arcs, ainsi que les côtes et les apophyses transverses, ne sont pas des prolongements des corps, mais naissent comme points cartilagineux distincts qui se soudent ensuite aux corps vertébraux correspondants, à l'exception des côtes toutefois, quant à la soudure.) « Situées à l'intérieur des lames dorsales, elles ne consistent d'abord qu'en une gelée dense, mais plus tard se convertissent en cartilage et enfin s'ossifient. Ce sont les parties latérales des arcs supérieurs des vertèbres.... Il s'effectue également sur la gaîne de la corde vertébrale elle-même un dépôt de gelée épaisse qui bientôt se cartilaginifie, puis s'ossifie. » (Page 140.) Burdach parlant du même sujet dit aussi (*ibid.,* p. 414) : « Du reste, les corps vertébraux se produisent sous la forme d'anneaux qui croissent tout autour de la corde spinale, *tandis que ce qui reste de l'enveloppe de cette dernière remplit alors l'office de masse ligamenteuse.* » Les faits exposés dans les pages qui précèdent et dans celles qui suivent prouvent nettement aussi que ni la notocorde ni son enveloppe ne jouent un rôle dans la genèse de ces cartilages, non plus que dans la génération des cartilages des membres.

mais est un peu moins haute; l'autre, qui est au-devant, est plus étroite dès son apparition, plus longue, conique, à sommet mousse, à base presque aussi large que l'autre pièce ; elle est traversée dans toute sa longueur par la notocorde qui lui constitue un axe réel, facile à voir, parce que cette pièce est plus mince que les autres corps de vertèbres. Elle est contiguë à la première, mais la moindre pression l'en écarte. Un sillon assez profond, au niveau de leurs surfaces de contact, permet pendant longtemps de les distinguer facilement. Sur la ligne médiane, la base de la pièce antérieure ou *odontoïde* est légèrement concave, d'où résulte que là existe (pl. II, fig. 4, *f*) un intervalle réel entre elle et le corps vertébral qu'elle touche par ses côtés. Cet intervalle est comblé par un tissu plus foncé que le cartilage et foncé comme celui qui est autour et entre les corps vertébraux. Cette concavité est plus grande chez l'homme et les rongeurs que dans les autres mammifères, parce que la face supérieure du corps vertébral contigu est également concave à ce niveau, au lieu d'être plane, comme sur les ruminants, etc.

Ainsi l'axis naît par deux pièces cartilagineuses distinctes, séparées et séparables : l'une représente le corps de la deuxième vertèbre cervicale et dans l'origine est semblable à celui de la troisième, à peu de chose près ; l'autre, conoïde, est l'apophyse odontoïde, ou mieux elle représente à proprement parler, ainsi que nous le verrons, le corps de l'atlas.

Ces deux pièces s'unissent ensemble pendant qu'elles sont encore cartilagineuses. Chez l'homme, ce phénomène a lieu à l'époque où les cartilages des masses latérales des vertèbres se soudent au corps correspondant; l'embryon humain offre alors une longueur de 14 à 15 millimètres environ. Dans le

mouton, le lapin, le cochon d'Inde et le rat, c'est un peu plus tard, car c'est lorsque leurs embryons ont de 16 à 18 millimètres de long que cette soudure a lieu. C'est de tous ces animaux, chez les rongeurs, qu'elle est le plus tardive, ainsi qu'on le voit. La base de la pièce odontoïde se trouve de la sorte comme emboîtée de chaque côté par ces cartilages apophysaires latéraux. La soudure de ces pièces s'accomplit de leur circonférence vers le centre. Ici, elle n'a lieu entièrement qu'à l'époque où apparaît le premier point d'ossification de l'axis dans le cartilage qui représente son corps proprement dit. Jusque-là persiste l'espace indiqué plus haut, entre ce dernier cartilage et la base de la pièce odontoïde; aussi, lorsque la notocorde se dilate au centre de chaque disque intervertébral, elle offre également une dilatation dans ce petit espace (pl. III, fig. 6 et 7, *d*), qui alors est encore rempli par quelques noyaux embryoplastiques et même par des corps fusiformes qui représentent un véritable rudiment de disque intervertébral. Ce renflement est ovoïde, beaucoup plus petit que celui des autres disques, et disparaît lorsque se complète la soudure des deux pièces, c'est-à-dire lorsque le premier point osseux de l'axis se montre. Jusqu'à ce moment aussi, mais non plus tard, un sillon extérieur existe et s'aperçoit facilement au pourtour de la base de la pièce odontoïde, au niveau de son plan de jonction avec le corps proprement dit de l'axis (fig. 6, *d*).

Quant au canal central qui traverse l'apophyse odontoïde cartilagineuse dans toute sa longueur, il est placé plus près de sa face antérieure que de sa face postérieure, comme dans les corps vertébraux proprement dits. Chez l'homme, il en

reste des traces très-manifestes jusqu'à la deuxième année environ, sur la portion encore cartilagineuse de l'odontoïde.

On peut s'assurer de ce fait par des coupes transversales de cette apophyse qui montrent une petite tache bleuâtre, ou opaline, ou parfois un peu rougeâtre, selon l'état des sujets, à la place occupée par la notocorde. D'abord, le canal est encore rempli par cet organe, mais un peu avant la naissance, le cordon cellulaire diminue de volume; plus tard le canal qui le contenait est complétement oblitéré par de la substance fondamentale du cartilage sans chondroplastes, tantôt striée, fibroïde et plus souvent granuleuse seulement et moins transparente que dans le reste du cartilage.

Cependant alors, la continuité de la notocorde est interrompue entre le sommet de l'apophyse odontoïde et l'apophyse basilaire, qui est déjà ossifiée dès le quatrième mois de la vie intra-utérine.

Cette oblitération et l'interruption de la notocorde ont lieu en effet au commencement du troisième mois ou à la fin du deuxième de la via intra-utérine chez l'homme, époque à laquelle se developpent déjà les ligaments odontoïdiens entre le sommet de l'apophyse et l'intervalle des condyles occipitaux, c'est-à-dire à la partie inférieure du trou occipital au point où la notocorde sortait de l'axe de l'apophyse basilaire.

La pièce cartilagineuse odontoïdienne existe seule au niveau du siége qui sera bientôt occupé par l'atlas. Mais à l'époque où apparaissent de chaque côté du cartilage des corps vertébraux les pièces qui porteront les apophyses transverses et formeront chaque moitié de l'arc correspondant, on voit naître aussi le cartilage de chacune des masses latérales

de l'atlas au niveau de l'apophyse odontoïde; elles sont plus éloignées de celle-ci que les pièces correspondantes par rapport au corps des autres vertèbres. Elles offrent chacune un prolongement qui se dirige au-dessous de l'apophyse odontoïde et qui se soude avec son congénère de manière à constituer l'arc antérieur ou inférieur de l'atlas vers le temps même où les masses latérales apophysaires des autres vertèbres se soudent au corps (1).

Ainsi, le cartilage de l'atlas naît de la même manière que les masses latérales des vertèbres, et son ossification suit une marche semblable à celle de ces parties des vertèbres.

---

(1) Cette réunion de ces deux pièces en arc antérieur de l'atlas n'a même pas lieu chez tous les mammifères; chez quelques marsupiaux, par exemple, tels que le *Kanguroo* (*Macropus major*, Shaw), ce qu'on nomme *corps de l'atlas* manque; l'arc antérieur reste ouvert en avant, bien que l'*apophyse odontoïde* bien développée et soudée au corps de l'axis s'avance jusqu'à ce niveau. Déjà à cet égard, et en ce qui regarde l'*apophyse odontoïde*, considérée comme le *corps de l'atlas* qui se soude à celui de l'axis au lieu de s'unir aux masses apophysaires latérales correspondantes, R. Owen s'était exprimé ainsi : le *centrum*, ou partie centrale essentielle du corps des vertèbres, « semble avoir disparu comme partie ossifiée dans l'atlas de quelques marsupiaux, le Wombat par exemple; mais ce qu'on appelle le corps de l'atlas « dans l'homme et les mammifères, n'est rien de plus qu'une hypo-apophyse « ou une moitié de sa partie corticale; le vrai centrum de l'atlas se soude « avec le corps de l'axis et forme son apophyse odontoïde dans les marsupiaux « comme dans tous les autres mammifères. » (R. Owen, *Principes d'ostéologie comparée*. Paris, 1855, in-8°, p. 203.) Cette soudure de l'odontoïde à l'axis n'a pas lieu chez les crocodiles. Il importe, toutefois, de rappeler que : 1° les masses latérales des vertèbres comprenant les apophyses transverses et articulaires, puis plus tard les lames de l'arc et l'apophyse épineuse, naissent chez l'embryon par un seul et même cartilage, dont la base, élargie chez quelques animaux, entoure totalement ou en partie le cartilage central ou corps; 2° que

La forme et les dimensions relatives des masses latérales apophysaires cartilagineuses et du corps de l'atlas, de l'axis, ainsi que des autres vertèbres, prennent de très-bonne heure le type qu'elles conservent même après leur ossification. Les saillies des apophyses articulaires et transverses, les trous vertébraux se forment dès l'époque de la soudure des masses latérales du corps.

Dès que pour l'atlas elles sont réunies sur la ligne médiane en arc antérieur, l'étroitesse de cette partie tranche sur la hauteur du corps de l'axis considéré seul ou soudé à la pièce *odontoïde*. Ces particularités sont aussi frappantes dans l'homme que chez les ruminants et les rongeurs. Il en est de même de la largeur des masses latérales portant les tubercules apophysaires et le cartilage des lames de l'arc ainsi que de celles-ci, faits frappants lorsqu'on vient à comparer ces pièces à l'état cartilagineux embryonnaire avec l'os adulte.

---

l'embryogénie montre encore que l'arc antérieur de l'atlas n'est pas une portion corticale du corps réel (qui est l'apophyse odontoïde), mais une dépendance de ses masses latérales entourant ce dernier sans se souder à lui ; 3° que par conséquent c'est contre ces masses latérales soudées en avant que frotte et s'articule la portion centrale ou axoïdienne de l'atlas. Par suite, il n'est pas absolument exact de dire avec Owen que : « ce qu'on appelle *corps de l'atlas* dans les vertèbres supérieurs n'est autre chose que l'homologue des hypo-apophyses ou *os vertébraux en coin* » et qu'*il ne représente que la partie corticale du vrai corps* (*ibid.*, p. 196). Mais il est dans le vrai lorsqu'il ajoute : « l'*apophyse* odontoïde est la partie centrale de l'atlas. Cela ne peut pas être l'épiphyse antérieure articulaire de la seconde vertèbre très-développée, puisque cette dernière est représentée par un centre distinct d'ossification entre l'apophyse odontoïde et le corps de cette vertèbre, comme on le voit bien dans le jeune poulain et les fœtus des grands mammifères. » (Page 196.)

*En résumé*, l'étude du développement de la colonne vertébrale démontre que l'arc antérieur de l'atlas n'est qu'une provenance de ses apophyses transverses et articulaires, qui restent indépendantes du corps de cette vertèbre; que, d'autre part, l'apophyse odontoïde et la base qui la supporte représentent le corps même de l'atlas, qui reste indépendant des autres parties de cette vertèbre, pour se souder à la face supérieure du corps de l'axis. Le cartilage primitif du corps de chaque vertèbre et celui de l'apophyse basilaire naissent autour de la corde dorsale comme centre, de telle sorte que jusqu'à l'époque de l'ossification des corps vertébraux (qui commence par un seul et unique point central), toutes les vertèbres sont traversées de part en part par la corde dorsale, dans toute la longueur du rachis, comme un fil traverse les grains d'un chapelet. De plus, un peu avant l'apparition du point central d'ossification, la notocorde se renfle au centre des disques intervertébraux pour y produire la cavité intervertébrale à contenu gélatiniforme. Or, dans l'examen de ces divers phénomènes, on peut constater que l'apophyse odontoïde est traversée dans toute sa longueur par la corde dorsale comme les corps vertébraux, tandis que le cartilage de l'arc antérieur de l'atlas, déjà formé à cette époque, reste libre sans être traversé par la notocorde, comme le sont au contraire les corps des vertèbres.

Quant à ce qu'on appelle le corps de l'axis, considéré individuellement, on peut voir qu'il naît par deux noyaux ou centres cartilagineux distincts, se produisant à une petite distance l'un de l'autre autour de la corde dorsale comme axe. L'un de ces corps naît exactement entre l'atlas et la troisième cervicale; l'autre naît immédiatement au-dessus, der-

rière l'arc antérieur de l'atlas, si l'on peut ainsi dire, car il naît avant cet arc. Ce dernier noyau cartilagineux est surmonté d'un prolongement qui, dès son apparition, offre la forme de l'apophyse odontoïde chez les divers mammifères. Ce cartilage se soude de très-bonne heure avec celui qui représente le corps proprement dit de l'axis. La soudure s'opère d'abord sur ses côtés, légèrement prolongés en forme d'aile. Cette soudure n'est pas encore achevée chez les embryons humains longs de 18 et 20 millimètres. Avant que l'union de ces cartilages soit complète sur la ligne médiane, la corde dorsale produit entre le cartilage de l'apophyse odontoïde et le corps proprement dit de l'axis, placé au-dessous, une légère dilatation analogue aux dilatations intervertébrales. Cette dilatation disparaît seulement à l'époque où se montre un point d'ossification dans la portion du cartilage qui représente le corps proprement dit de l'axis. Il y a ainsi deux points d'ossification primitifs pour le centre de l'axis, parce qu'il représente en réalité ce dernier, plus celui de l'atlas, tandis qu'il n'y en a qu'un seul pour toutes les autres vertèbres. On sait que ce n'est que plus tard après la naissance qu'a lieu la soudure osseuse complète de ces deux parties, qui restent longtemps séparées par un cartilage non ossifié. (Ch. Robin, dans Echeverria, *Sur la nature des affections dites tubercules des vertèbres.* Paris, 1860, in-4°, p. 56, 57.)

J'ai indiqué plus haut l'époque et le mode de soudure du cartilage de l'axis à celui du corps de l'atlas sous forme d'apophyse odontoïde, consécutivement à sa génération comme pièce vertébrale, distincte et centrale, génération qui a lieu en même temps et de la même manière que celle du corps de

l'axis et des autres vertèbres. Il importe maintenant de signaler quelques particularités relatives au mode d'ossification de cette vertèbre et de l'atlas comparativement à leurs homologues.

Pour rendre facilement saisissables les faits qui suivent et ceux qu'a signalés R. Owen, il n'est peut-être pas inutile de rappeler que dans le but de donner une explication de la présence de l'apophyse odontoïde sur la face articulaire supérieure ou antérieure de l'axis, quelques auteurs l'avaient considérée comme une provenance, une sorte d'hypertrophie, d'une *lame épiphysaire antérieure* ou *supérieure* axoïdienne, analogue à l'épiphyse de cet ordre qui, sous forme d'anneau ou de lame plus ou moins complète et irrégulière, achève la production des corps vertébraux osseux à partir de la troisième cervicale. Bergmann paraît être le premier qui se soit élevé contre cette vue et qui ait regardé l'apophyse odontoïde (qu'il nomme *os odontoideum*) comme représentant le corps de l'atlas. (Voy. Carl Bergmann, *Einige Beobachtungen und Reflexionen über die Skelettsysteme der Wirbelthiere, deren Begrenzung und Plan*. Göttinger Studien, 1845; Gottingen, 1846, gr. in-8°, p. 54.)

## CHAPITRE II.

*Sur l'ossification des vertèbres.*

---

### § I. — *Sur les premiers points d'ossification des cartilages des vertèbres en général, de l'atlas et de l'axis en particulier.*

L'ossification du cartilage du corps des vertèbres débute par celle du corps des dernières dorsales et de là se produit dans les vertèbres placées en avant et en arrière de celles-ci d'une manière un peu différente d'une espèce animale à l'autre. Chez les rongeurs, par exemple, elle atteint la dernière lombaire à peu près en même temps que la première dorsale, tandis que sur les ruminants l'axis commence à s'ossifier en même temps que la dernière lombaire.

L'ossification débute dans les masses ou lames latérales avant de se montrer dans le corps. Chez quelques animaux comme sur l'homme, il a déjà envahi tout leur cartilage jusqu'à la jonction aux côtés du corps vertébral cartilagineux, avant que se montre toute trace d'ossification dans celui-ci, sur lequel il n'empiète pas. On sait aussi que cette

dernière particularité s'observe sur l'axis comme sur les autres vertèbres, mais non sur l'atlas.

C'est son arc postérieur qui s'ossifie le premier, puis l'ossification empiète graduellement sur ses masses latérales à compter du cinquième au sixième mois de la vie intra-utérine, masses qui ne sont encore qu'à moitié envahies ou tout au plus au moment de la naissance. Cet envahissement s'arrête un peu avant l'extrémité antérieure de la facette articulaire supérieure correspondante. L'arc antérieur reste assez longtemps cartilagineux, puis dans le milieu de la première année et quelquefois dès le quatrième mois, apparaissent pour chaque moitié de cet arc, au moins un et assez souvent deux points osseux. Ils sont encore séparés les uns des autres et des masses latérales par de minces bandes cartilagineuses pendant la troisième année (1).

Le point osseux des corps des vertèbres apparaît au centre même du cartilage, ou mieux un peu en arrière de ce centre, plus près de la face postérieure du corps que de sa face antérieure. Il est un peu en arrière de la notocorde ; le canal

---

(1) « C'est du cinquième au septième mois après la naissance que j'ai aperçu, sur le corps de cette vertèbre (l'atlas), les premières molécules osseuses. » (Serres, *Observations sur le développement centripète de la colonne vertébrale*, dans *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, 1861, in-4°, t. LIII, p. 364.) « ... Il se forme alors deux pièces distinctes, l'une à droite et l'autre à gauche, séparées par un cartilage intermédiaire. Ces pièces ont, à la fin de la première année, 5 millimètres de diamètre dans tous les sens ; au dix-huitième et au vingtième mois, leur diamètre transversal est de 1 centimètre, et leur diamètre perpendiculaire de 7 millimètres. A la deuxième année, le cartilage intermédiaire est quelquefois très-sensible et ne disparaît que

se rétrécit en s'aplatissant, tandis que les chondroplastes qui l'avoisinent et sont symétriquement rangés autour d'elle s'agrandissent beaucoup et s'arrondissent comme ceux entre lesquels a lieu déjà la production des granules phosphatiques. Ces dispositions font qu'à la loupe et même à l'œil nu, la place de la notocorde se voit sous forme d'une petite tache opaline au-devant de celle que produit le point osseux à son début (pl. VII, fig. 19, *a*).

Quoi qu'il en soit, il est toujours facile de voir que ce point osseux naît assez loin du périchondre qui, plus tard, doit devenir périoste, et séparé de lui par une épaisseur très-notable de tissu cartilagineux ; le périoste ne joue donc ici aucun rôle dans la génération de l'os.

A mesure que le point osseux grandit, il atteint et dépasse la notocorde, qui disparaît en cet endroit et dont la continuité se trouve interrompue de la sorte à ce niveau. Il s'élargit rapidement en éventail, en avant plus qu'en arrière, où il avait débuté ; il devient ainsi parfois plus long que large d'avant en arrière, et dans ce cas semble globuleux s'il est vu de face ; sur d'autre sujets, il est plus large transversalement et paraît alors ovoïde en travers. Dans ces conditions, la

---

dans le courant de la troisième, et alors seulement on trouve le corps de l'atlas formé d'une pièce unique; jusque-là il était double. » (Serres, *ibid.*, p. 364.) Les faits que je décris ci-dessus, d'après des pièces que j'ai sous les yeux, en corrigeant ces épreuves, concordent au fond avec ceux observés par M. Serres et d'autres anatomistes (Cruveilhier, etc.). Je n'ai pas rencontré de point osseux médian dans l'arc antérieur de l'atlas, tel que celui que figurent et décrivent MM. Rambaud et Renault dans leur bel ouvrage *Sur l'origine et le développement des os*. Paris, 1864, in-8°, p. 89, et atlas, pl. 5, fig. 5 à 10.

moindre pression le brise vers son milieu et le fait sembler double. Aussitôt après l'apparition du point osseux, un ou deux canaux vasculaires se creusent à son niveau dans le cartilage en progressant de sa face postérieure vers son centre. Souvent on trouve symétriquement de chaque côté de la notocorde et un peu en avant d'elle une subdivision de ces canaux parallèles à celle-là dans les portions des cartilages non encore ossifiés au-dessus et au-dessous du point osseux; mais l'ossification ne s'étend pas de préférence le long de ces conduits vasculaires, comme on pourrait le croire, et ce n'est que lorsque le point osseux a un diamètre de 1 millimètre et plus qu'il atteint et englobe ces conduits. Jusque-là il reste sans vaisseaux (pl. VII et VIII, fig. 19 à 30, *c*).

Le point osseux du corps des vertèbres s'annonce à l'œil nu par l'apparition d'une tache à contour ovalaire, d'aspect grisâtre et grenu ; elle résulte de la production de granules phosphatiques entre les chondroplastes de ce centre. En examinant le corps vertébral le plus voisin de celui qui offre cet état de développement, on voit qu'il s'est produit déjà un point tout à fait opaque sous le microscope, et gris jaunâtre à la lumière réfléchie.

En grandissant, ce point osseux central ne cesse pas de rester unique, et, pendant toute la durée de son développement ultérieur, il ne devient jamais double.

Vers quatre ans et demi à cinq ans, il existe encore une mince couche cartilagineuse du corps vertébral cartilagineux qui n'est pas ossifiée, et qui sépare son point osseux très-agrandi des masses ou lames latérales ossifiées qui empiètent un peu sur lui de chaque côté.

*Axis.* — Le point osseux du corps proprement dit de l'axis apparaît comme celui des autres vertèbres, toujours simple, un peu allongé en travers, mais non point double, comme l'admettent quelques auteurs, soit spécialement pour cette portion de l'axis, soit pour toutes les vertèbres en général. C'est à trois mois et demi ou peu après qu'il débute, et non dans le sixième mois, comme le disent beaucoup d'anatomistes. On peut suivre la notocorde sous forme d'un mince filament grisâtre, tant au-dessous de lui qu'au-dessus, dans toute la longueur du cartilage de son corps et de l'apophyse odontoïde. Le renflement grisâtre, globuleux, que présente ce filament au niveau de la jonction des cartilages axoïdien et odontoïdien est très-marqué ; il est entouré d'une petite plaque fibreuse déjà mentionnée plus haut, qui ne s'étend pas jusqu'à la surface extérieure de la base de l'apophyse odontoïde, dont le tissu est déjà soudé circulairement à celui du corps proprement dit de l'axis. Le cartilage du corps de l'axis est déjà vasculaire lorsque débute son ossification, tandis que les autres vertèbres ne le deviennent que postérieurement à ce début.

A cinq mois et demi, et quelquefois à cinq mois et une semaine, se montre au centre de l'apophyse odontoïde la tache qui annonce le début de son point osseux propre, représentant en réalité le point osseux du corps de l'atlas. Alors seulement disparaît le renflement de la notocorde indiqué plus haut, qui se trouve remplacé par une petite masse fibreuse ou fibro-cartilagineuse transversale, au niveau du centre de la jonction du corps de l'axis et de l'apophyse odontoïde.

Le point d'ossification odontoïdien se produit un peu en

arrière de la notocorde, absolument comme pour les autres corps vertébraux. Il est simple et n'est double ni au début ni plus tard, comme l'ont admis quelques auteurs, soit pour toutes les vertèbres, soit spécialement pour le corps de l'axis et pour l'apophyse odontoïde.

Mais à son début ce point osseux de l'apophyse odontoïde est manifestement bilobé en haut et en avant seulement. Il est placé plus près de la face antérieure de celle-ci que de sa face postérieure. Il laisse ainsi, de part et d'autre, une portion de cartilage non ossifiée bien plus considérable en avant qu'en arrière jusqu'au milieu de la première année et au delà. Il est bilobé aussi à son sommet, et chacun de ces lobes s'avance en quelque sorte de chaque côté du plan médian dans le cartilage non encore ossifié sur une hauteur de $\frac{1}{2}$ millimètre environ à cette époque. Après la naissance, le sillon qui s'enfonce entre les deux lobes atteint jusqu'à 2 millimètres de profondeur au sommet de la portion osseuse de l'odontoïde. (MM. Rambaud et Renaud ont bien vu cette disposition, *loc. cit.*, pl. 5.) Là les coupes transversales minces de l'apophyse montrent ainsi d'abord deux tranches osseuses séparées par une bande cartilagineuse médiane, et plus bas un seul point osseux bilobé en avant et en arrière.

Chez le chien, où le point osseux de l'odontoïde apparaît avant que les poils cutanés soient sortis de leurs follicules, il est également unique, allongé transversalement, c'est-à-dire lenticulaire, ainsi que cela est manifeste aussi sur les points osseux des vertèbres coccygiennes. Mais il est unique, comme pour toutes les autres vertèbres, et n'est pas bilobé en avant et en haut comme sur l'homme.

Il existe alors deux points osseux dans le cartilage du corps de l'axis considéré comme un tout, l'un axoïdien proprement dit, l'autre odontoïdien, ou atloïdien en réalité. Le premier, primitivement un peu en retard dans son évolution par rapport aux autres vertèbres cervicales, est aussi gros qu'élles, et souvent plus gros dès l'époque de la naissance. Alors aussi la portion déjà osseuse de l'apophyse odontoïde est aussi volumineuse, et bientôt plus, que le point osseux du corps de l'axis. Le sommet de cette apophyse reste cartilagineux jusqu'à la sixième année, sans jamais présenter un deuxième point osseux chez l'homme, malgré son volume considérable vers la deuxième année, par exemple, relativement à la portion déjà ossifiée. C'est par empiétement successif de celle-ci sur la partie cartilagineuse que s'achève l'évolution osseuse de cette portion atloïdienne de l'axis, sans qu'il se produise un deuxième point d'ossification, pas plus qu'il ne s'en produit deux dans quelque centre cartilagineux des vertèbres que ce soit.

Jusqu'à la sixième et à la septième année, une bande fibro-cartilagineuse au centre, cartilagineuse dans le reste de son étendue, de moins en moins épaisse, persiste entre le corps de l'axis proprement dit et l'odontoïde. Cette séparation cartilagineuse est complète, c'est-à-dire s'étend transversalement jusqu'au périoste d'avant en arrière. Sur les côtés, elle est bifurquée sous un angle de 45 degrés environ, et sépare ainsi des lames ou masses latérales déjà osseuses de l'axis, le corps de celui-ci en bas et l'odontoïde en haut ; car ces lames ou masses sont comme légèrement enclavées entre ces deux os au niveau de leur jonction. Cette bande cartilagineuse horizontale ainsi bifurquée de chaque côté entre les trois

portions osseuses qu'elle sépare (1° corps de l'axis, 2° odontoïde et 3° masses ou lames latérales), est encore épaisse à l'époque de la naissance, mais elle s'amincit de plus en plus à mesure que la substance des parties osseuses ci-dessus empiète sur elle ; toutefois il en reste encore vers la sixième année. Dans la cinquième année, la soudure des lames ou masses latérales avec l'axis en bas, avec la base de l'odontoïde en haut, est déjà accomplie du côté du périoste, mais non dans la profondeur.

Au centre, entre les deux os précédents, cette bande cartilagineuse blanche ou bleuâtre reste encore épaisse de 1 à 3 millimètres et ne s'efface que vers la septième année, et alors la soudure est complète. A partir de la deuxième année, cette bande cartilagineuse devient d'un blanc mat sur les os secs ; vers l'âge de quatre ou cinq ans, elle prend un aspect calcaire plus blanc et plus compacte que la substance osseuse voisine. Mais l'examen de sa structure montre qu'il n'y a pas là de point osseux interposé à l'axis et à l'odontoïde, qu'elle est formée par du cartilage d'ossification à chondroplastes étroits, allongés ; seulement ce cartilage est parsemé de concrétions calcaires mamelonnées, irrégulières, larges de 1 à 6 centièmes de millimètre environ, isolées ou réunies en amas formant de petits grains apercevables à l'œil nu.

## § II. — *Sur la génération de l'os dans le cartilage du corps des vertèbres.*

Nous venons de voir que le point osseux de chaque ver-

tèbre naît au centre du cartilage vertébral, un peu en arrière de la notocorde. Dès son origine, sa forme est un peu différente d'un groupe de vertèbres à l'autre, et ces différences vont en se prononçant davantage avant le temps. Tout en conservant un fond commun de configuration, sensible surtout entre les vertèbres dorsales et les vertèbres lombaires, ces phases d'ossification ont besoin d'être étudiées sur les vertèbres de chaque groupe ; car les points osseux de celles du cou et du sacrum, bien que débutant après les autres, ne passent pas exactement par les mêmes formes. En attendant que je publie la description et les figures de ces états successifs pour chaque genre de vertèbres, on pourra prendre une idée de leurs analogies et de leurs différences sur les dessins reproduits ici (pl. VII et VIII, fig. 19 à 50).

D'une manière générale, on peut dire qu'apparu en arrière de la notocorde, le point d'ossification s'avance en s'élargissant du côté de celle-ci, qu'il entoure bientôt en prenant auparavant une figure cordiforme (pl. VII, fig. 19, *b*). Ce n'est que lorsque la notocorde est complétement circonscrite en avant aussi bien qu'en arrière qu'elle disparaît tout à fait ainsi que son canal ; en sorte que le point osseux est pendant quelques jours réellement annulaire. Aussi, vu par l'une des faces antérieure ou postérieure des vertèbres, il est plus transparent au milieu que sur les côtés, en raison de la présence de la notocorde, et il paraît ainsi bilobé ou formé de deux moitiés latérales à peine réunies sur la ligne médiane, ce qui n'est pas. A compter du moment où il est annulaire jusqu'à ce que le cartilage du corps vertébral soit presque entièrement osseux, le point d'ossification demeure plus large que haut, plus mince au niveau de la notocorde que

dans le reste de son étendue (pl. VIII, fig. 26, *a*, *f*) ; plus étroit, mais au moins aussi épais ou plus épais de haut en bas, dans sa partie postérieure (fig. 23 et 26, *g*), née la première, que dans la partie antérieure plus large (fig. 23, *l*, et fig. 26, *e*), qui est une extension de l'autre.

Le tissu de ces points d'ossification reste aréolaire et ostéoïde (c'est-à-dire à ostéoplastes en voie de production sans canalicules radiés périphériques) jusqu'à l'époque où ils atteignent un diamètre de 2 millimètres au moins et de 3 millimètres même sur quelques-uns. Mais, dès le moment où le point osseux atteint 1 millimètre $\frac{1}{2}$ de large, on voit se produire dans son centre, à la place que traversait la notocorde, une portion osseuse très-dure, lenticulaire, large de 1 millimètre sur les points d'ossification, qui ont de 2 à 3 millimètres de long. Cette portion centrale résiste à la coupe et à l'écrasement bien plus que le tissu aréolaire ambiant, et s'en détache souvent par brisure plutôt que de céder au scalpel (pl. VII, fig. 23, *a*). Cette sorte de noyau osseux, dur, au milieu du tissu aréolaire encore mou, renferme des ostéoplastes, mais qui n'ont pourtant pas encore des canalicules radiés. Ces ostéoplastes sont rapprochés, de forme ovoïde ou lenticulaire peu régulière, larges de 2 à 3 centièmes de millimètre. La substance osseuse propre ou fondamentale qui les limite et les sépare est homogène, transparente, c'est-à-dire qu'elle n'est plus grenue ni presque opaque comme celle du tissu osseux encore aréolaire. De plus, elle n'est pas encore traversée par des canalicules radiés, les ostéoplastes n'en ayant pas encore, ainsi que je l'ai dit. Plus tard, le tissu de ce noyau dur se résorbe lors de la production des espaces médullaires et du tissu spongieux

avant que des canalicules se soient formés autour des ostéoplastes. Jusqu'à cette époque, aucun canalicule vasculaire et aucun vaisseau par conséquent ne traverse cette sorte de noyau de tissu ostéoïde, quoiqu'il y en ait déjà dans le tissu aréolaire ambiant (fig. 20, *c*) lorsqu'il a atteint les canaux du cartilage vasculaire (1).

De la périphérie du point osseux considéré en masse s'irradient dans le cartilage des prolongements ostéogéniques granuleux, grêles, dépourvus d'ostéoplastes, longs de $\frac{1}{10}$ de millimètre environ. Ils siégent dans la substance fondamentale du cartilage qui sépare les chondroplastes ; étant ramifiés et anastomosés, ils entourent ceux-ci et donnent une disposition aréolaire très-élégante aux préparations placées sous le microscope. Les aréoles ou parties plus claires, circonscrites par les prolongements ci-dessus et par leurs ramifications, sont représentées par les chondroplastes remplis par leurs cellules en voie d'atrophie devenues irrégulières, anguleuses ; atrophie d'autant plus prononcée qu'on s'approche davantage du noyau central ostéoïde décrit plus haut.

Que les cartilages soient déjà pourvus de canaux vasculaires ou non, les chondroplastes perdent généralement, dans le voisinage de ces irradiations ostéogéniques, leur forme étroite et allongée, fœtale ou embryonnaire, pour de-

---

(1) « Le cartilage hyalin peut s'incruster pour aller jusqu'à la formation de corpuscules osseux rayonnés et du système de lamelles (concentriques) ; il en est ainsi sous le cartilage articulaire chez les mammifères et les oiseaux, et en divers points des pièces squelettiques des poissons cartilagineux. La substance fondamentale y subit des changements frappants. » (Lieberkühn, *loc. cit.*, 1862, p. 705.)

venir bien plus larges, arrondis, à cellules bien développées, souvent multiples ; ils ne laissent plus entre eux qu'une mince bande ou cloison de substance fondamentale, et en même temps ils se disposent en séries plus ou moins longues, perpendiculaires à la surface de la couche osseuse déjà formée. Ils tranchent ainsi sur la petitesse des autres chondroplastes qu'ils semblent repousser vers la périphérie. C'est là un fait très-frappant, et qui se montre dès l'apparition des points osseux chez l'embryon au centre des vertèbres.

Alors qu'on croyait que l'os était une transformation directe du cartilage et que tout os représentait exactement le cartilage jusque dans les moindres détails de structure, on admettait que les chondroplastes étaient déjà disposés autour des conduits des cartilages vasculaires, comme le sont les ostéoplastes par rapport aux canalicules osseux. Or, si par places, loin des points d'ossification, les chondroplastes encore allongés, fusiformes, ont leur grand diamètre dirigé en sens inverse de l'axe des conduits vasculaires du cartilage (particularité habituelle aux ostéoplastes par rapport aux canalicules de Havers), ce fait est loin d'être constant, et n'existe plus au voisinage de la couche osseuse en voie d'envahissement sur le cartilage.

On voit qu'ici la génération de l'os a lieu avant celle du périchondre (quelques-unes des vertèbres dorsales), avant celle des vaisseaux du cartilage (mêmes vertèbres et os de la base du crâne, marteau, enclume, côtes, etc.), et dans tous ces organes elle a lieu loin de ce périchondre, avant qu'il soit devenu périoste, loin du périoste par conséquent. Ici (aussi bien que dans les circonstances étudiées plus bas), il naît

avant les éléments de la moelle, et par suite hors de l'influence de ce tissu également (1).

## § III. — *Sur le siége précis de l'apparition du premier point osseux des os longs.*

Le point d'ossification des cartilages précédant l'humérus, le radius, le cubitus (pl. VIII, fig. 32 et 33), le fémur, le tibia et le péroné, commence sous forme d'une tache grisâtre, devenant bientôt un petit point opaque (*i. d.*). Ce point débute

(1) Ce serait vouloir se mettre de parti pris en contradiction avec la réalité que de chercher dans ces conditions de la génération des os, qui sont les plus habituelles, à faire provenir les ostéoplastes d'une modification quelconque des corps fibro-plastiques (*cellules plasmatiques* de quelques auteurs) ou de leurs noyaux, ainsi qu'ont voulu le faire quelques médecins, puisque ces éléments n'existent pas dans le cartilage où naît la substance osseuse. Nulle part, du reste, on ne voit à la place où naissent les maxillaires les os de la voûte du crâne, non plus que dans le périoste, les corps fibro-plastiques, ni les noyaux embryoplastiques rangés régulièrement autour des capillaires, comme le sont, dans un ordre déterminé, les ostéoplastes autour des canaux vasculaires dans le tissu osseux. De plus, partout les ostéoplastes sont primitivement dépourvus de leurs canalicules radiés périphériques, dont la formation n'a lieu que par suite des phases ultérieures de leur développement. Ce fait prouve encore que les ostéoplastes ne résultent, en aucun cas, d'une transformation des corps fibro-plastiques (prétendues *cellules plasmatiques*), puisque ces derniers sont précisément caractérisés par la présence de prolongements ou fibres s'irradiant à leur périphérie (dits par hypothèse *tubes plasmatiques*) ; prolongements assimilés aux canalicules radiés des ostéoplastes, mais pour les besoins de l'hypothèse, puisqu'ils sont pleins, toujours beaucoup plus longs et moins nombreux que ces canalicules des cavités caractéristiques de l'os.

au milieu de la longueur de ces cartilages, milieu qui en est la partie la plus mince. Ce n'est pas au centre du cylindre qu'il apparaît, mais à son côté interne, presque immédiatement sous le périchondre, qui deviendra périoste (fig. 32 et 33, *d*, *h*, *i*, *r*, *p*, et 34 et 35, *y* et *v*) ; à cette époque, celui-ci est encore formé de corps fibroplastiques fusiformes ; par la direction de ces derniers et par la teinte plus foncée de la mince couche qu'ils forment, il tranche sur la substance transparente du cartilage et sur les chondroplastes arrondis ou ovoïdes, courts, dont elle est parsemée. Une ligne nette et claire de ce point de contact indique la netteté de délimitation et de séparation des tissus contigus.

Ce point osseux est en forme de cône à sommet mousse, tourné vers l'axe du cartilage, que d'abord il n'atteint pas, et sa base est limitée par une surface nette qui n'empiète pas sur le périoste. *Elle en est séparée d'abord par une très-mince épaisseur de cartilage* (*y*) et ne le touche que plus tard (1),

(1) Cette mince couche de substance cartilagineuse interposée à l'os et au *périchondre*, devenu ainsi *périoste*, se retrouve jusqu'à la fin de la croissance de chaque os, bien qu'à partir d'une période de la substitution de l'os au cartilage préexistant (période encore à déterminer pour chaque os quant à l'âge auquel elle correspond dans les diverses espèces), elle ne soit plus continue, mais interrompue çà et là à la surface de l'os; surface qui touche alors immédiatement le périoste. C'est cette couche qui a été appelée *ostéogène* et considérée comme appartenant à ce dernier, tandis qu'elle appartient à l'os, ou du moins à l'organe cartilagineux qui le précède ; mais on ne peut détacher le périoste pour le renverser ou le transporter sans enlever cette couche avec lui, et c'est elle qui, en s'ossifiant, devient le point de départ de la formation des os qu'on obtient ainsi, mais non le périoste même. L'observation montre que non-seulement on enlève cette couche, mais aussi avec elle et le périoste de minces

vers la fin de la croissance de l'os (pl. VIII, fig. 35, *y*). Cette base s'élargit à mesure que le sommet gagne du côté opposé (*v*), pour dépasser bientôt l'axe du cartilage et atteindre le périchondre du côté externe de l'organe, au côté diamétralement opposé à celui où la tache osseuse a débuté (fig. 33, *e*). Lorsque le point osseux atteint ce côté opposé, il s'est tellement élargi à sa base qu'il a perdu sa forme conoïde pour prendre celle d'un disque séparant le cartilage en deux moitiés, l'une supérieure, l'autre inférieure (fig. 33, *n*, *e*, et fig. 34).

Dès l'époque où ce point osseux conique a empiété sur les deux tiers de l'épaisseur du cartilage, sa base est assez large pour qu'il ait déjà l'air d'un disque, surtout si, au lieu de regarder l'organe en voie d'ossification par l'une de ses faces antérieure ou postérieure, il est placé de manière que cette

---

plaques ou parcelles de substance osseuse qui, continuant à se développer, concourent à la régénération de l'os. Elle n'existe, à proprement parler, que sur les sujets jeunes : chez l'adulte, c'est de l'os lui-même qu'émergent ces traînées phosphatiques qui, loin de provenir du périoste, se dirigent vers lui pour l'envahir bientôt. Les stalactites, dont les exemples abondent autour de certaines tumeurs voisines des os, des *tumeurs blanches anciennes* des vertèbres, n'ont pas un autre mode de développement, et il ne faut pas croire qu'elles aient été précédées par un cartilage de même forme ; elles se sont produites, comme dans les cas d'accroissement normal des os, seulement la génération de ce tissu a eu lieu dans un point limité et s'est prolongée pendant des mois, des années. Une preuve, à l'appui de cette assertion, est la constatation constante de l'existence d'ostéoplastes, ne possédant pas encore leurs canalicules périphériques, à la surface des stalactites, dont on a pratiqué des coupes à l'état frais, ostéoplastes sans canalicules radiés qui sont analogues à ceux de la couche molle (dite *ostéoïde,* ou *spongoïde,* ou *chondroïde*), de la surface du *point osseux* dans les cartilages en voie d'ossification.

base soit tournée sous le microscope vers l'œil de l'observateur.

Ce point osseux apparaît et s'avance dans le cartilage sous forme de cône aplati de haut en bas ; il atteint le côté opposé, et prend la forme d'un disque complet au milieu de l'os, dont le cartilage préexistant est ainsi divisé en deux moitiés, avant que ce cartilage, le périchondre et ce point osseux lui-même possèdent des capillaires et de la moelle.

La substance du sommet du cône osseux qui empiète de plus en plus sur le cartilage est éloignée de tout périoste pendant cette progression, et ne peut être considérée comme produite par celui-ci. Il en est de même des faces supérieure et inférieure (pl. VIII, fig. 34, *v*, *s*) de ce point osseux médian quand il a pris la forme d'un disque qui s'épaissit de plus en plus pour constituer bientôt un cylindre osseux diaphysaire, à mesure que ces deux faces empiètent sur le cartilage en s'avançant vers les extrémités épiphysaires ou articulaires (1). Car, on le comprend aisément, sa circonférence seule est voisine du périoste, dont une couche de cartilage le sépare jusqu'à la fin de la croissance, ainsi qu'on l'a vu.

Au fond, ici encore ce fait rentre dans le cas de l'autogenèse osseuse, ayant seulement lieu au sein du cartilage et non au milieu du tissu embryoplastique bordant la bouche, par exemple, ou du tissu fibreux des parois encéphaliques de l'embryon; et, dans ce cas-là pas plus que dans ceux-ci, on ne peut saisir

(1) Ce fait est surtout très-caractéristique pour la portion des points d'ossification dont la surface s'avance vers la couche de cartilage qui, ne s'ossifiant jamais, forme le *cartilage articulaire* correspondant.

la production ou *sécrétion* de l'os par un autre tissu, tel que le périoste, par exemple, ni le passage du noyau non plus que de la masse des corps fibro-plastiques de ce dernier à l'état d'ostéoplastes.

Je noterai en dehors du sujet précédent que d'un embryon à l'autre on trouve des différences sensibles touchant l'ordre de l'apparition de ces points osseux. Quant à l'époque de leur apparition, la plupart des auteurs la font de cinq à huit jours plus récente qu'elle n'est en réalité, ainsi que le montrent les renseignements précis que parfois on peut prendre à cet égard. Sur un embryon long de 24 millimètres du périnée au vertex, la petite plaque triangulaire osseuse représentant la mâchoire supérieure à son début était long de $\frac{1}{2}$ millimètre, le point osseux de la mâchoire inférieure était grêle, long de 1 millimètre; celui du cartilage de la clavicule occupait toute l'épaisseur de celle-ci et était long de 1 millimètre. Le point osseux conoïde placé au côté cubital du cartilage de l'humérus n'empiétait pas au-delà de la moitié de l'épaisseur de ce cartilage. Un point osseux de même forme existait sur le milieu de la longueur du cartilage du radius à son bord cubital, et n'empiétait pas jusqu'au milieu de son épaisseur. A ce niveau, le bord opposé du cubitus présentait à la loupe et sous le microscope une petite tache grisâtre, plus foncée que le reste du cartilage, mais non opaque.

Un point osseux formant un petit disque occupait toute l'épaisseur du milieu du fémur (fig. 33, *n*) et était un peu plus épais au côté interne de cet organe qu'au côté externe. Sur la face interne du cartilage du tibia existait un point osseux conoïde (*p*) empiétant déjà sur les deux tiers de la partie moyenne de ce cartilage. Le bord tibial ou

interne du cartilage du péroné montrait vers le milieu de sa longueur une tache grisâtre demi-transparente analogue à celle indiquée plus haut sur le cubitus, mais plus foncée (*r*).

Sur un embryon déjà long de 30 millimètres depuis le périnée jusqu'au vertex, les petites lames osseuses triangulaires du maxillaire supérieur étaient longues de 1 millimètre; celles plus allongées, presque quadrilatères, du maxillaire inférieur avaient près de $\frac{2}{3}$ de millimètre de large et étaient longues de 2 millimètres $\frac{1}{2}$ (1).

Le point osseux de la clavicule avait 2 millimètres de long. Celui de l'humérus, conoïde comme sur l'autre embryon, mais plus gros; il empiétait déjà sur les deux tiers de l'épaisseur du cartilage précédant cet organe, sans que, contrairement à ce qu'on voyait sur l'embryon ci-dessus, il y eût encore trace sur le radius et sur le cubitus de point d'ossification, ni même de la tache grisâtre qui en anonnce l'apparition.

Sur le fémur, le point d'ossification occupait toute l'épaisseur du cartilage, mais était un peu plus épais vers sa face interne qu'à sa face externe (*s*). Sur le tibia existait un point d'ossification empiétant sur les trois quarts environ du cartilage, mais sans point osseux ni tache grisâtre, même dans le milieu du péroné. Ainsi, dans les deux embryons, les points d'ossification étaient plus avancés à la cuisse et à la jambe qu'au bras et au radius; mais le plus jeune avait déjà un

---

(1) Voyez Ch. Robin. *Sur les conditions de l'ostéogénie avec ou sans cartilage préexistant.* — (*Journal de l'anatomie et de la physiologie*, Paris, 1864, in-8°, p. 577.)

point osseux au radius et des traces d'apparition prochaine de l'os au milieu du cubitus et du péroné, alors qu'il n'y en avait pas sur ces derniers cartilages chez un fœtus plus long de 6 millimètres pour le tronc et la tête seulement.

Ces points osseux des trois os longs de chaque membre apparaissent à leur côté interne, de sorte qu'il n'y a que pour l'humérus que le lieu occupé au début par ce point osseux conique coïncide à peu près avec l'endroit qu'occupera plus tard le canal nourricier de l'os.

*Remarques générales sur les faits précédents.* — Toutes les fois que l'os naît dans un cartilage et se substitue à lui, celui-ci a déjà, lors de l'apparition de la substance osseuse, la forme générale de l'organe osseux qui le remplace peu à peu ; mais jamais l'os ne se produit dans tout le cartilage à la fois, et lors de son apparition il n'a ni la forme du cartilage au sein duquel il naît, ni celle qu'il aura par la suite. Ce dernier fait, du reste, s'observe également pour les os qui naissent sans cartilage préexistant.

Toutes ces données prouvent qu'on ne peut avoir une notion exacte du développement du système osseux en général et de chaque os en particulier si on l'étudie, ainsi que cela est d'usage, en faisant abstraction de la forme et des autres caractères du cartilage préexistant à l'os, si on détruit ce cartilage par la macération pour ne conserver que l'organe osseux qui vient de se substituer à lui. Il importe, au contraire, de savoir pour chaque os quand et comment naît le cartilage qui le précède, quand et comment naît la substance osseuse dans celui-ci. Enfin il n'importe pas moins de suivre ensuite et d'une manière parallèle, en quelque sorte, les

phases du développement des deux parties, cartilagineuse et osseuse, de chaque pièce squelettique jusqu'à ce que celle-ci soit entièrement substituée à la première ; car le cartilage continue à présenter des changements évolutifs considérables, après l'apparition de l'os dans son épaisseur.

Ces notions une fois acquises, en procédant de cette manière, viendraient changer en bien des points les idées qui règnent encore sur ce qu'on nomme les lois de l'ostéogénie en particulier et sur le système osseux considéré soit dans la série des animaux vertébrés, soit sur chaque espèce animale en particulier.

En conduisant à déterminer exactement la nature réelle des tissus par la connaissance des éléments qui les composent et par celle de leur mode de naissance et de développement, l'anatomie générale apporte ainsi de notables modifications dans la manière, jusqu'à présent adoptée, d'envisager les systèmes anatomiques, et donne à leur étude une importance plus grande que celle qu'on croyait devoir lui attribuer (1).

Le tissu osseux des points d'ossification des os longs reste aréolaire ou ostéoïde jusqu'à l'époque où ils ont 1 millimètre de diamètre et même plus. C'est alors que commencent à se montrer les canalicules autour des ostéoplastes, d'abord en petit nombre, puis plus abondants. Ce tissu parfait ou à ostéoplastes radiés est d'abord compacte et prend rapide-

---

(1) « J'établis d'abord que les os existent à l'état cartilagineux avant de devenir solides par l'addition du phosphate de chaux, et je montre ensuite que c'est dans cet état primitif qu'il faut les observer, si on veut acquérir des notions exactes sur les phénomènes de leur formation. » (Serres, *loc. cit.*, *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1861, t. LIII, p. 355.)

ment cet état jusqu'auprès du périchondre devenu périoste qu'il touche ; de sorte que, dans les premiers os qui naissent précédés d'un cartilage, le cartilage étant petit, le périchondre est promptement atteint par la substance osseuse, ainsi qu'on le voit à la clavicule, à l'humérus, au fémur ; aussi là on trouve des ostéoplastes commençant à être radiés presque immédiatement au-dessous du périchondre, tandis qu'aux extrémités du petit cylindre osseux une épaisseur assez grande de tissu encore aréolaire sépare le tissu parfait du cartilage, ainsi que je l'ai dit plus haut.

Ce premier tissu osseux parfait se creuse d'espaces médullaires et de canaux vasculaires, ou disparaît même entièrement pour la formation du canal médullaire (1). A leur origine, les canaux vasculaires sont la plupart plus larges que ceux du tissu compacte chez l'adulte. Le tissu osseux qui les limite ne présente pas encore à la naissance la disposition en couches concentriques ni l'arrangement corrélatif si élégant des ostéoplastes qu'on observe chez l'adulte autour des canaux de Havers ; les ostéoplastes, en outre, changent eux-mêmes individuellement, notablement avec l'âge, deviennent plus longs, mais plus minces généralement, et surtout leurs canalicules se produisent en plus grande quantité. Par places aussi on trouve plus d'ostéoplastes que dans une masse égale du tissu osseux fœtal. La production de cette disposition lamelleuse est un fait de modification intime subordonné aux actes de rénovation moléculaire nutritive et aux

(1) Voy. Ch. Robin, *Comptes rendus et Mémoires de la Société de biologie*, 1850, p. 126; b, *Formation du tissu spongieux*, et c, *Formation du tissu compacte*.

changements dits évolutifs consécutifs à la génération même de l'os. Cette disposition n'est pas le résultat d'une particularité d'accroissement ostéogénique, mais d'une modification évolutive profonde ultérieure. Ce fait a aussi été constaté par Lieberkühn, qui s'exprime ainsi à ce sujet :

« Les lamelles ne naissent pas par une superposition graduelle de jeunes couches du tissu osseux et ne sont nullement un phénomène d'accroissement, comme on l'a dit souvent ; mais elles deviennent visibles dans le tissu d'ossification déjà préexistant. » (*Loc. cit.*, 1862, p. 757.)

## § IV. — *Génération de tissu osseux sans cartilage préexistant.*

Du quarante-cinquième au cinquantième jour environ de la vie intra-utérine, on voit naître les os des deux mâchoires, sans cartilage préexistant, de même forme que celle que posséderont plus tard ces organes. Ils naissent dans l'arc viscéral ou branchial supérieur au sein du tissu embryo-plastique vasculaire mou, nullement fibreux ni cartilagineux qui les constitue, et ces os restent longtemps plongés dans ce tissu sans posséder de périoste proprement dit. Ici la génération de l'os a lieu indépendamment de tout cartilage préexistant. Elle a, par conséquent, lieu indépendamment de l'influence de tout périoste ou périchondre et de la moelle, puisque en toute circonstance la génération des éléments de celle-ci est postérieure à celle de l'os. Il en est de même des autres os de la face, tels que les os du nez, le jugal, l'apophyse zygoma-

tique et le cadre du tympan, qui naissent un peu plus tard au sein du tissu lamineux en voie d'évolution.

Du reste ces os, pas plus que ceux qui apparaissent au sein du tissu cartilagineux et que ceux dont il va être question en troisième lieu, n'ont lors de leur apparition la forme qu'ils auront plus tard à l'époque où ils s'articuleront avec ceux qui les avoisinent. Ce n'est qu'assez tard après leur apparition que se produit autour d'eux une couche périostique du tissu fibreux ; périoste restant plus longtemps épais et vasculaire autour de ces os qu'autour de ceux qui ont été précédés d'un cartilage de même forme.

Le *cadre tympanal* prend dès son apparition la forme très-élégante d'une faucille fortement recourbée en demi-cercle à convexité tournée en bas et ouverte du côté des pièces solides du tympan. Il est plus mince et plus élargi dans sa partie antérieure qu'à l'autre extrémité, qui est très-aiguë; il est plongé dans les tissus ambiants sans avoir de périoste propre. Il apparaît (vers la onzième semaine chez l'homme et chez le veau) par autogenèse, sans être précédé par un cartilage de même forme, et ne commence à posséder un périoste distinct que vers l'époque où il s'élargit transversalement, en avant surtout, pour constituer le canal auditif externe osseux, c'est-à-dire vers le huitième mois. C'est à tort que Burdach dit que le cadre du tympan paraît au deuxième mois et commence à s'ossifier à la fin du troisième mois (*Physiologie*, Paris, 1838, in-8, t. III, p. 443), puisqu'il n'est jamais cartilagineux. Bischoff note plus exactement qu'il « paraît dans la onzième semaine, sous l'aspect d'une ligne osseuse très-mince qui n'a aucune connexion avec les autres os du crâne.» (Bischoff, *Développement de l'homme et des mammifères*,

Paris, 1843, in-8, p. 405.) Du reste, à l'époque où il paraît, le temporal cartilagineux ne présente encore aucun point osseux, et ce n'est que dans le troisième mois que le rocher commence à s'ossifier. (Voyez Ch. Robin et Magitot, *Mémoire sur un organe transitoire de la vie fœtale désigné sous le nom de cartilage de Meckel. Annales des sciences naturelles*, Paris, 1862, in-8. *Zoologie*, t. XVIII, p. 220.)

J'ai décrit ailleurs (1) cette production immédiate de la substance caractéristique des os. Elle est très-frappante sur les premiers points osseux des maxillaires supérieurs des jeunes embryons, tels que ceux dont je viens de parler plus haut. Là aussi elle a lieu dans un tissu embryo-plastique mou, sans trace de fibres, semblable à celui que je viens également de signaler à propos des maxillaires inférieurs. Là, comme pour les os du crâne, la substance osseuse naît sous forme de prolongements ou rayons minces qui en s'anastomosant circonscrivent des espaces circulaires ou ovalaires ouverts aux deux faces de l'os et encore traversés par le tissu mou indiqué ci-dessus. On peut, aux extrémités et sur les bords de ces lamelles, voir des ostéoplastes à toutes leurs phases de développement.

Ils sont d'abord très-petits, parfois larges seulement de 4 à 6 millièmes de millimètre, ouverts aux deux faces de l'os

---

(1) Voy. Ch. Robin. *Sur le développement de la substance et du tissu des os. Comptes rendus et mémoires de la Société de biologie*, Paris, 1850, in-8°, p. 126.) Voy. auss Magitot et Ch. Robin. *Genèse et développement des follicules dentaires.* (*Journal de la physiologie*, Paris, 1861, in-8°, p. 153 et 160, en notes.)

quand les lamelles sont très minces, ce qui est commun ; ils leur donnent alors un aspect criblé, dans lequel chaque trou est représenté par un ostéoplaste plus petit ordinairement ou aussi grand qu'à l'état de plein développement. Ces ostéoplastes, en outre, sont plus rapprochés les uns des autres que ceux de l'os qui se substitue à un cartilage préexistant. Ces orifices de l'os naissant lamelleux se reconnaissent facilement comme étant des ostéoplastes en ce que beaucoup, dès l'origine, sont pourvus d'incisures qui marquent le commencement des canalicules radiés ; fait qui se confirme lorsque, examinant ces cavités de plus en plus avant dans l'os, on les trouve clos de toutes parts et avec des formes de mieux en mieux déterminées et des dimensions bien plus grandes. Toutefois, ils sont encore plus courts, relativement au moins, et plus larges qu'ils ne le seront ; car ce n'est que plus tard qu'ils deviennent étroits et allongés. Quand le bord de l'os naissant est épais on voit à sa superficie des ostéoplastes encore ouverts en un point plus ou moins large de leur étendue et d'autres déjà clos dans leur voisinage immédiat. Ils sont sphéroïdaux à surface rendue irrégulière par la présence de canalicules radiés assez nombreux, relativement larges, déjà anastomosés entre eux ou en continuation avec les ostéoplastes voisins qui sont très-rapprochés les uns des autres, plus que dans le tissu osseux succédant au cartilage. De là un aspect comme cribleux très-remarquable de ce tissu osseux, naissant ainsi, sans passer par l'état ostéoïde ou aréolaire que présente le tissu osseux qui succède au cartilage durant la génération des ostéoplastes ; car les aréoles des points d'ossification à l'état ostéoïde ne doivent pas être confondues avec les espaces circulaires ou ovalaires que circonscrivent

les trabécules osseuses ramifiées et anastomosées dont je viens de décrire la génération. Ces espaces sont pleins ici de tissu embryo-plastique et bientôt de tissu lamineux, puis plus tard, dans le diploé, de vaisseaux seulement et de moelle.

Que les bords des trabécules ou des lames de l'os naissant dans ces conditions soient minces ou épais, ils sont, d'une trabécule à l'autre, pourvus ou non d'une couche épaisse de 1 à 3 centièmes de millimètre d'une substance homogène, sans noyaux ni cellules et très-légèrement jaunâtre ; elle sépare le bord même de l'os soit du tissu mou des mâchoires de l'embryon, soit du tissu lamineux ambiant déjà disposé ou non en périoste du crâne, etc. Lorsqu'elle existe, c'est sur ses limites et celles de l'os même que sont les ostéoplastes en voie de génération tels que je les ai signalés ; mais d'abord bien plus pâles. C'est cette couche que j'ai appelée autrefois *trame cartilagineuse envahissante* (*loc. cit.*, 1850, p. 125), qui ici particulièrement est dépourvue de cavités ou chondroplastes ; mais en certains points autour des os de la voûte du crâne en voie de développement et sous le périoste, elle renferme de petites cavités qui sont pleines de liquide (et ont quelquefois été appelées des cellules).

Les os, dont je viens de parler, qui ne sont pas précédés d'un cartilage de même forme que celle qu'ils ont plus tard, ne naissent jamais avec la disposition morphologique qu'ils présenteront un jour. En outre, ils changent davantage et beaucoup plus longtemps avec l'âge que les os précédés d'un cartilage semblablement conformé. Ils offrent aussi des variétés de nombre et de forme plus nombreuses et plus notables sur les sujets de même âge et de même espèce. Enfin,

ils diffèrent généralement plus de leurs homologues d'une espèce à l'autre, que ne le font les os qui ont commencé par être cartilagineux. Ils offrent en outre, soit à l'état normal, soit pathologiquement, des particularités physiologiques que ne présentent pas les autres os.

Ce fait domine, si l'on peut ainsi dire, les particularités que présentent ces os, comparativement aux autres, sous le point de vue de leurs connexions qui ne sont jamais des *articulations* proprement dites, et dont les analogues ne se retrouvent pas dans les articulations des pièces squelettiques précédées d'un cartilage de même forme. Ces dernières conservent presque toutes une couche cartilagineuse, avec ou sans ligament fibreux interposé à leurs surfaces de jonction, ce qui n'a pas lieu sur les autres. Ce fait domine aussi les particularités relatives à l'accroissement et à la diminution de volume, dans la série des âges, des os non précédés de cartilages, ainsi que celles qui sont relatives à leur soudure; particularités qui ont tant d'importance dans l'étude comparative des os de la tête ainsi que des modifications adultes et séniles de l'encéphale et des traits de la face.

Les pièces du squelette, qui commencent par être du cartilage, offrent, aussitôt après leur apparition, une forme si régulière et si nettement déterminée, du même type que celle de l'os qui leur succédera, que toute description ostéologique devra comprendre à l'avenir, ainsi que je l'ai déjà dit, aussi bien ces premières périodes de chacun de ces organes que celle de l'âge adulte à laquelle on se borne aujourd'hui contre toute raison.

Les parties ou points osseux n'ont également pas au début la forme qu'ils auront plus tard; mais le cartilage au sein

duquel ils apparaissent a déjà la configuration qu'aura l'os, et celui-ci en change peu durant son accroissement et ne se soude pas aux parties similaires qu'il touche, en dehors des cas morbides. Malgré la plus grande fixité morphologique des pièces squelettiques qui naissent d'après le mode que nous venons d'indiquer, la détermination de leurs homologies et de leurs homotypies devra toujours s'appuyer sur l'examen de ces organes fait dans la série des âges, comme s'il s'agissait de ceux qui naissent suivant le premier; elle en tirera en effet d'utiles indications dans le cas où les cartilages débutent par plusieurs pièces cartilagineuses primitivement distinctes, comme les parties appendiculaires des vertèbres, dont l'apparition n'est pas simultanée, et qui se soudent ensuite au corps vertébral et les unes aux autres.

Du trente-cinquième au quarantième jour environ après la conception, sur des embryons longs de 18 à 20 millimètres chez l'homme, de 28 à 30 millimètres chez la vache, on voit apparaître le long de la portion extra-tympanique du cartilage de Meckel une traînée d'un tissu qui, sous le microscope, est plus foncé que celui qui l'entoure (1). Un fort

---

(1) Bischoff, parlant du maxillaire inférieur, dit : « La surface articulaire se produit par séparation histologique, de la même manière que les côtes se séparent des vertèbres. » (*Traité du développement*, Paris, 1845, in-8°, trad. franç., p. 402.) Ce fait ne peut être considéré comme s'appliquant à la mâchoire et au rocher. Des observations directes sur des embryons humains, de vache, de porc, de lapin, de mouton et de rat, nous ont prouvé que les cartilages des côtes ne sont pas en continuité de tissu, lors de leur genèse, avec ceux contre lesquels ils s'articulent, pas plus que l'occipital n'est d'abord continu avec l'atlas. Tous ces cartilages naissent comme organes distincts séparés

grossissement permet facilement d'y reconnaître les caractères du tissu osseux à son début, sans cartilage préexistant, tels qu'on les constate plus aisément sur l'arc tympanique, sur la portion écailleuse du frontal, et autres os de la voûte du crâne des petits fœtus.

Cette première traînée osseuse, aplatie, allongée, apparaît vers le milieu de la moitié antérieure de chacune des deux branches homologues du cartilage de Meckel, au bord inférieur et externe de celui-ci, sur une longueur de $\frac{1}{2}$ à 1 millimètre. Elle est d'abord moins haute que le cartilage n'est épais (celui-ci offre, à cette époque, une longueur de 4 à 5 millimètres chez l'homme et de 6 à 8 chez la vache, sur $\frac{1}{2}$ millimètre d'épaisseur environ). Chaque petite plaque lamelleuse, très-fragile, aréolaire, se développe rapidement en longueur et en hauteur ; elle dépasse bientôt le bord supérieur du cartilage et grandit toujours plus de ce côté que de celui du bord opposé. Elle masque ainsi une portion du trajet du cartilage qui la dépasse en avant et surtout en ar-

---

par une couche de tissu lamineux existant au niveau même des endroits où plus tard seront des cavités articulaires. Quant aux maxillaires inférieurs, comme ils naissent par autogenèse et se développent d'après le mode d'ossification dit par envahissement, sans être précédés de cartilage, il est manifeste que leur surface articulaire condylienne ne se forme pas par séparation histologique de ce cartilage, qui aurait été continu avec celui du rocher. Cette séparation histologique n'est ici qu'une hypothèse contredite par l'observation, comme il en règne encore tant sur toutes les questions embryogéniques relatives aux éléments anatomiques et aux tissus, questions qu'on a tenté de résoudre par anticipation sans examen direct. Chez les mammifères, les cartilages des phalanges naissent aussi comme autant de pièces primitivement distinctes, aussi bien que ceux des parties principales des membres.

rière. Elle n'a aucune ressemblance morphologique avec l'os dont elle marque le début, et se trouve directement au contact du tissu embryoplastique mou dans lequel elle est plongée, si ce n'est que sa face interne touche la face externe du cartilage de Meckel.

Ses bords supérieur et inférieur sont assez nets, mais de ses extrémités un peu irrégulières, anguleuses, s'échappent de petits prolongements radiés qui s'avancent dans le tissu ambiant, sans trace de cartilage à leurs extrémités.

Lorsque la petite bande osseuse a acquis une longueur de 4 millimètres environ, sa hauteur s'est accrue proportionnellement. L'os dépasse alors le bord supérieur du cartilage de Meckel qui commence à occuper à la face interne de l'os la position qu'on lui retrouve ultérieurement, dans le sillon de la partie inférieure de cette face interne. Un peu plus tard, lorsque le maxillaire a atteint une longueur de 6 à 8 millimètres, il commence à présenter une forme mieux déterminée : on distingue en effet déjà son corps, ou branche horizontale, plus étroit à la partie moyenne dans le sens vertical qu'à ses extrémités ; de telle sorte que ses bords supérieur et inférieur sont légèrement concaves et le premier plus que le second.

Les deux extrémités, en s'étendant chacune vers le bout correspondant du cartilage, s'élargissent toujours davantage ; le bout antérieur devient de plus en plus foncé et plus net ; l'autre, au contraire, en s'élargissant devient plus mal délimité, parce qu'il envoie des radiations plus longues et plus écartées les unes des autres dans le tissu mou ambiant.

Du cinquante-cinquième au soixantième jour environ chez l'homme, ces radiations se séparent assez nettement en deux groupes. L'un se dirige en haut et se recourbant de plus en

plus les jours suivants, il forme bientôt une languette foncée et à bords nets ; il constitue alors une lamelle aplatie, à sommet mousse, qui représente l'apophyse coronoïde. L'autre groupe de radiations suit la direction du cartilage de Meckel ; il forme un prolongement aplati, plus large et plus épais que le précédent, dont une saillie à angle obtus dépasse le bord inférieur de ce cartilage vers le milieu de sa longueur et représente l'angle de la mâchoire ; le reste constituera plus tard la portion condylienne de la branche montante. Au-devant de la saillie représentant le début de l'apophyse coronoïde, on observe, à partir de cette même époque (cinquante-cinquième au soixantième jour chez l'homme), plusieurs particularités importantes sur le maxillaire : son bord supérieur, qui auparavant était concave, presque régulier, et qui est devenu plus épais que durant les jours suivants, offre en avant deux, puis quatre dépressions devenant de plus en plus profondes, dont l'observateur tient d'abord peu de compte, jusqu'au moment où apparaissent dans ces dépressions de petites masses ovoïdes, d'un tissu mou, plus foncé que le tissu ambiant, reconnaissables comme autant de bulbes et bientôt de follicules dentaires des deux incisives, de la canine et de la première molaire. On trouve en même temps, vers le sommet de la saillie coronoïde, des faisceaux musculaires aux premières phases de leur évolution.

Le bord de l'extrémité antérieure de la mâchoire est légèrement convexe, en forme d'écaille, à peine dentelé, et le tissu de cette extrémité, bien qu'aréolaire, est assez épais et assez opaque pour rendre difficile à voir le bout de la branche correspondante du cartilage de Meckel qui ne la dépasse plus.

Dans les huit ou dix jours qui suivent on voit se détacher de la face interne du maxillaire, au-dessous des dépressions dans lesquelles naissent les follicules et au-dessus du sillon occupé par le cartilage de Meckel, des radiations osseuses voisines les unes des autres, un peu recourbées dans le sens de l'apophyse coronoïde, formant bientôt une aiguille, puis une lamelle assez opaque qui s'élargit du côté du bord supérieur de la mâchoire dont elle constitue plus tard la lame interne. Vers le milieu du deuxième mois elle représente une lamelle assez large pour limiter de ce côté une gouttière qui loge les follicules des dents, et au fond de laquelle sont les vaisseaux et nerfs dentaires; elle est néanmoins encore loin d'atteindre le niveau de la lame interne, au-dessus de laquelle elle reste encore longtemps, et, détachée par déchirure, elle ne présente encore que la forme d'une languette ou aiguille étroite, mince et allongée (1).

Telle est l'origine de la lame interne de la mâchoire inférieure étendue de l'orifice d'entrée des vaisseaux et nerfs dentaires jusqu'à la symphyse, et ne descendant pas plus bas que le fond de la gouttière dentaire, fond qui devient plus tard le canal de ce nom. Au contraire, la portion aplatie que

---

(1) C'est cette aiguille qui est connue sous le nom d'*aiguille de Spix*. (Voyez sur cette aiguille osseuse et sur la gouttière dentaire, qu'elle limite en se développant comme lame interne de la mâchoire Robin et Magitot, *Journal de physiologie*, 1860, p. 12 à 18, et la note p. 18, et *Recherches sur les gouttières dentaires*, etc., in *Comptes rendus et Mém. de la Société de biologie*, Paris, 1859, in-8°, p. 217.) On voit, par ce qui précède, que c'est la portion osseuse correspondant à la lame externe du corps du maxillaire inférieur qui paraît la première, et non le bord inférieur de ce corps, comme le disent plu-

nous avons vue naître la première vers le niveau du tiers antérieur du cartilage de Meckel, représente la lame externe de la mâchoire, qui dès son apparition est aplatie de dedans en dehors, placée verticalement, plus haute et plus large qu'elle n'est épaisse.

C'est à compter de l'époque de l'apparition de la lame interne de la mâchoire encore rudimentaire, que la gouttière dentaire se trouve constituée comme nous l'avons fait connaître ailleurs, et que le corps de cet os est susceptible d'être divisé en deux moitiés lamelleuses.

C'est dans les jours suivants, c'est-à-dire du soixantième au soixante-dixième jour environ, que se montre pour la première fois du cartilage sur le maxillaire inférieur ; ce tissu se produit au bord de l'extrémité symphysaire de l'os, sous l'aspect d'une petite bande claire, en forme de segment de cercle, qui augmente peu à peu d'épaisseur, mais sans s'étendre sur les bords supérieur et inférieur du maxillaire. A l'extrémité opposée il s'en produit en même temps une petite bande de même figure, qui s'allonge rapidement en haut et en arrière. Elle prend en huit ou dix jours la forme

sieurs auteurs avec M. Cruveilhier. On voit aussi que c'est la lame interne qui a été appelée *aiguille de Spix, point osseux du canal dentaire* et considérée comme un point d'ossification particulier et distinct du corps de la mâchoire, ce qui en ferait quatre en tout ; deux pour chaque moitié, c'est-à-dire un pour chaque lame. (Reichert, *loc. cit.*, et Cruveilhier, *Anatomie descriptive*, Paris, 1843, 2e édit., in-8°, t. I, p. 184-185.) Mais l'étude du développement montre que cette lame naît sous forme de radiations osseuses s'élargissant de plus en plus, et que ces radiations ne sont jamais séparées du reste de l'os. Loin de naître séparément et de se souder à lui, cette lame en est un prolongement interne direct.

du condyle et de son col ; quelques semaines plus tard il en apparaît un peu au sommet de l'apophyse coronoïde et sur la saillie inférieure à angle obtus qui représente l'angle de la mâchoire.

Vers cette époque aussi (vers le soixante-quinzième jour environ chez l'homme et à une époque correspondante dans les autres mammifères), on voit apparaître sur le bord de la lame externe une mince traînée de cartilage, épaisse de quelques centièmes de millimètre seulement. Il s'en produit aussi plus tard un peu sur le bord de la lame interne, mais non sur les faces de l'os même. Toutes ces portions cartilagineuses surajoutées s'ossifient par envahissement graduel du cartilage par l'os déjà existant, qui empiète peu à peu sur lui sans qu'il apparaisse à leur centre de point osseux particulier distinct du corps de l'os (1).

En même temps que se produisent ces portions cartilagineuses, on remarque dans la constitution du maxillaire une

(1) Il y a dans la formation du maxillaire inférieur génération d'une certaine quantité de tissu cartilagineux (auquel l'os se substituera bientôt), qui est consécutive à celle d'une portion osseuse née sans cartilage préexistant. L'importance physiologique de ce fait est assez évidente pour n'avoir pas besoin d'être mise en relief. Ce sont ces prolongements cartilagineux surajoutés avec le temps à l'os déjà existant, quant à ses parties essentielles, que, nous appuyant à tort sur les idées admises, nous avons considérés comme étant le reste d'un cartilage préexistant qui se serait ossifié. (Robin et Magitot, *Journal de la physiologie*, 1860, p. 11-12.) Les anatomistes ne parlent que du cartilage des bouts symphysaires de l'os et nullement du cartilage supposé préexistant, qu'ils admettent pourtant implicitement. On voit que c'est à juste titre que Meckel, sans se prononcer sur la partie de la mâchoire qui naît la première, n'admet qu'une pièce osseuse originelle pour chaque moitié du maxillaire inférieur, et nie l'existence d'autres points osseux particuliers admis depuis Kerkringius, Autenrieth et Spix, dans l'apophyse coronoïde, le condyle, l'angle et la lame interne de cet os.

modification notable : ainsi on trouve, sur les bords de l'os en voie de développement, une légère couche de tissu mou d'une épaisseur de $0^{mm},02$ environ, formé de corps fusiformes fibro-plastiques, de fibres lamineuses et de noyaux embryoplastiques. Cette couche représente le périoste qui tapisse plus tard la totalité de l'os, et recouvre en même temps le cartilage de Meckel qu'il contribue à maintenir à la surface de l'os.

Ainsi le maxillaire inférieur offre une particularité que partagent aussi quelques-uns des os qui, comme lui, ne sont pas précédés d'un cartilage de même forme ; elle consiste en ce que, apparaissant par autogenèse, par production directe et immédiate, de tissu osseux au sein des tissus mous, le cartilage n'en prépare pas la venue, mais s'ajoute à l'os déjà né pour en compléter la forme, et s'ossifier plus tard par suite des progrès de l'évolution. (Ch. Robin et Magitot, *loc. cit.*, 1862, p. 230 à 237.)

Les idées généralement reçues sur le mode de formation de la mâchoire inférieure, par un certain nombre de points d'ossification, sont donc entièrement controuvées. Un seul noyau osseux, sans cartilage préexistant, produit par son développement dans tous les sens la totalité de chaque moitié de ce maxillaire. (Voy. Ch. Robin, *Observations sur la structure et sur le développement de la substance des os. Comptes rendus et Mémoires de la Société de biologie.* Paris, 1850, in-8, p. 119.) Bischoff s'exprime ainsi sur ce qui concerne le mode d'apparition de la mâchoire inférieure : « Au côté externe du premier arc branchial et de son prolongement se dépose également dans toute sa longueur une masse blastématique qui s'élève principalement sur son bord supérieur et

qui devient la *mâchoire inférieure*, comme la suite nous l'apprend. La mâchoire inférieure ne naît donc pas directement du premier arc branchial, ainsi qu'on le disait autrefois, mais d'un blastème accumulé à sa surface et qui, lorsqu'il s'est converti en *cartilage* et en os, embrasse l'arc viscéral lui-même à la manière d'une gaîne. » (Bischoff, *loc. cit.*, p. 401). C'est pour avoir tenu plus de compte de ce passage que de nos propres observations que (soit dans le travail ci-dessus, soit dans Robin et Magitot, *Mémoire sur la genèse et le développement des follicules dentaires*, in *Journal de la physiologie*. Paris, 1860, in-8, p. 8) nous avons rangé, avec nombre d'anatomistes, les maxillaires inférieur et supérieur parmi les os précédés d'un cartilage de même forme qu'eux. Des observations répétées faites sur les embryons de divers mammifères domestiques et autres, nous ont prouvé que c'est là une erreur ; elles nous ont montré aussi que, lorsque le maxillaire inférieur apparaît, la partie inférieure de la face ou du museau et le cou se sont déjà délimités autour et au-dessous du cartilage de Meckel et ont perdu les caractères d'arcs branchiaux ou viscéraux. Leur tissu est du tissu embryoplastique vasculaire avec quelques corps fusiformes fibro-plastiques, dans lequel naît directement le tissu osseux contre le cartilage de Meckel, mais sans être précédé d'aucune accumulation de blastème cartilagineux ou autre.

## § V. — *Génération osseuse au sein du tissu fibreux.*

Après le deuxième mois de la vie utérine environ l'on voit naître la substance osseuse sans cartilage préexistant dans les enveloppes alors fibreuses de la voûte crânienne (parié-

taux, portion écailleuse de l'occipital, du temporal, ailes du sphénoïde, etc.), de telle manière que dès leur origine ces os sont plongés dans un tissu fibreux mou et vasculaire dont ils conservent une lame à leur face interne et l'autre à la face externe. Ce sont là les seuls os qui naissent primitivement au sein d'un tissu analogue au périoste de l'enfant et de l'adulte. Réciproquement, c'est seulement lorsque ce périoste s'est développé autour des os dont il a été question plus haut qu'il présente les conditions nécessaires à la génération de la substance osseuse et qu'il concourt ainsi au développement de chaque os en particulier. Il continue à offrir ces conditions tant que sa texture est conservée, et il les conserve partout où il est transporté par autoplastie ; mais avant lui, dans la série des âges, le cartilage et le tissu embryoplastique mou du premier arc viscéral ou maxillaire ont présenté au même titre les conditions nécessaires à la génération de l'os ; tandis qu'il ne les montre originellement qu'à la voûte du crâne. On ne saurait donc, à aucun titre, dire que le périoste est la condition essentielle, primitive ou secondaire, de la génération du tissu osseux, puisque, ainsi que nous venons de le voir, des tissus qui en diffèrent remplissent les conditions nécessaires à cette génération avant lui et en dehors de lui.

L'os naît en effet : *a.* dans le cartilage indépendamment du périoste, *b.* dans les enveloppes fibreuses du crâne, puis, *c.* à la surface extérieure de l'os sous le périoste indépendamment du cartilage, et enfin *d.* dans le tissu embryoplastique bordant la bouche de l'embryon, indépendamment des deux tissus précédents.

Les conditions intimes ou moléculaires de la génération

de la substance osseuse peuvent donc se rencontrer dans des tissus très-distincts; comme son mode de génération est le même dans chacun d'eux malgré leur diversité, l'idée de sa formation ou de la sécrétion d'un élément anatomique toujours semblable à lui-même par des tissus aussi différents les uns des autres ne saurait être admise logiquement. L'élément osseux, en un mot, comme toutes les autres espèces d'éléments, naît d'une manière qui lui est propre, à des places et à des époques déterminées, lorsque certaines conditions moléculaires s'y trouvent réunies; indépendamment de toute relation de filiation ou de généalogie directe avec les éléments des tissus au sein desquels il apparaît; sans qu'il y ait trace de sécrétion ou de transformation de la part de celui qui précède par rapport à celui qui succède.

Dans le cas particulier des os précédés d'un cartilage de même forme, par exemple, le tissu osseux prend la place du tissu cartilagineux en partant à peu près de leur milieu pour aller vers la périphérie. A son tour le tissu médullaire se substitue du centre à la périphérie au tissu osseux qui se résorbe, sans qu'il soit possible de faire provenir les éléments de la moelle des noyaux embryoplastiques ou autres qui font défaut dans la substance osseuse. Ces éléments de la moelle, différents en tous points physiquement, chimiquement, physiologiquement et par leurs altérations de ceux du tissus lamineux, du cartilage, etc., peuvent à leur tour être remplacés accidentellement par des éléments du tissu lamineux à l'état fibrillaire et à l'état adipeux (1).

(1) Les états morbides dits cancéreux, etc., ne sont qu'une anomalie de

Le périoste lui-même ne fait pas exception à cette loi de substitution graduelle, et il disparaît devant le tissu qui le remplace lorsque l'os atteint son complet développement. Cette substitution se continue dans les parties qui restent toujours intimement adhérentes aux os, telles que les ligaments et les tendons ; de là vient que les crêtes et les saillies osseuses sont d'autant plus saillantes à leur niveau que les sujets sont d'un âge plus avancé.

A compter du septième mois de la vie intra-utérine et même avant, jusqu'à la douzième année après la naissance, le périoste est beaucoup plus épais qu'il ne sera plus tard, et cela sur les os longs et sur les os courts, mais surtout sur les os longs. Malgré cette épaisseur, qui fait qu'à cette époque le périoste est blanchâtre et a l'aspect du tissu fibreux, il offre la composition élémentaire du tissu lamineux et non celle du tissu fibreux. Il conserve encore une certaine épaisseur jusqu'à l'âge adulte ; mais à partir de cette époque il va en diminuant d'épaisseur, au point que chez le vieillard il est réduit à de minces membranes de tissu lamineux riches en capillaires, qui lorsqu'elles ne sont pas injectées exigent une certaine attention pour être distinguées. Cet amincissement avait déjà frappé Bichat qui n'en avait pas moins con-

---

génération en excès et hors lieu d'un tissu succédant à un autre dont il prend la place ; c'est une forme anormale, grandiose par sa généralité et sa fatalité, de ces successions d'éléments dont les uns remplacent les autres et qui caractérisent l'évolution régulière des tissus et des systèmes ; fait essentiellement distinct des phénomènes de nutrition et de développement dont les éléments anatomiques envisagés individuellement sont le siége, phénomènes qui entraînent des complications fréquentes dans la rapidité de la substitution de certains tissus aux autres, des modifications de leur aspect, etc.

tinué à le ranger dans le tissu fibreux, comme cela se faisait avant lui. De son temps, on considérait aussi le périoste comme formant une enveloppe qui entourait les os de toutes parts, ce qui n'est pas, car il n'existe que dans les portions où il n'y a pas d'autre organe, tel que cartilages, ligaments et tendons en connexion avec l'os.

Toutefois, chez le fœtus, en détachant le périoste, il arrive souvent qu'on détache en même temps les ligaments, mais surtout les tendons qui sont moins adhérents alors que plus tard.

C'est là une des raisons qui ont fait croire pendant très-longtemps que le périoste passait au-dessous des tendons, entre les tendons et l'os, et que c'était au périoste en réalité et non aux os qu'adhéraient les tendons; mais l'examen direct fait sur des coupes convenables, portant à la fois sur le tendon et sur la substance osseuse, montre parfaitement que le périoste ne passe pas entre le tendon et l'os; seulement l'adhérence du tendon aux os, toujours proportionnelle à la consistance et à la ténacité des tissus, est moins puissante dans le jeune âge que chez l'adulte. Une particularité assez frappante à cet égard, c'est qu'à la mâchoire inférieure on décolle toujours plus facilement les attaches tendineuses que sur les autres os.

Il faut noter aussi qu'autour des os plats, comme le maxillaire inférieur, autour des os de la face et à la surface extérieure des os du crâne, le périoste, même chez les vieillards, conserve toujours une épaisseur plus grande qu'autour des os longs et des autres os plats.

## § VI. — *Remarques générales sur les faits précédents.*

J'ai déjà indiqué que dans la génération de l'os au sein d'un cartilage de même forme préexistant, il est impossible de voir un seul ostéoplaste provenir des noyaux dits du tissu cellulaire, non plus que des corps fibro-plastiques fusiformes ou étoilés, ces éléments n'existant pas dans ces cartilages.

Lorsque l'os naît par autogenèse directe, au sein du tissu embryoplastique des arcs maxillaires de l'embryon, les noyaux de ce tissu sont réguliers et ovoïdes, longs de 7 à 9 millièmes de millimètre. Or les ostéoplastes naissants n'ont pour la plupart que de 4 à 6 millièmes de millimètre de large ; puis ils grandissent rapidement, vont jusqu'à atteindre 30 millièmes de millimètre, sans montrer des noyaux ni des cellules dans leur intérieur, ainsi qu'il est facile de s'en assurer dans ces conditions.

Dans les enveloppes fibreuses du crâne et sous le périoste les phénomènes observés sont entièrement semblables à ceux que j'ai décrits plus haut. Là encore aucun fait ne peut permettre de considérer les ostéoplastes comme une provenance des corps fibro-plastiques fusiformes ou étoilés, ni de regarder ceux-ci comme englobés et contenus dans les ostéoplastes. Il y a une certaine analogie générale de forme entre les corps fibro-plastiques étoilés, tels que ceux de la cornée, de l'organe de l'émail, etc., et les ostéoplastes dont le développement est achevé, dont la forme est devenue allongée, d'irrégulièrement globuleuse qu'elle était, dont les canalicules

radiés sont développés. Mais leurs dimensions sont très-différentes ; de plus ces analogies deviennent fort éloignées dès qu'on tient compte du mode de génération de ces corps fibro-plastiques mêmes et de celui des ostéoplastes, de la grandeur des uns et des autres, de leur nombre en un espace donné comparativement dans le crâne fibreux du fœtus, dans le périoste ; ces analogies s'éteignent enfin quand on tient compte du nombre et de la grandeur des fibres qui partent de la périphérie des corps fibro-plastiques et de ceux des canalicules qui continuent les ostéoplastes.

On reconnaît alors que c'est sur des caractères mieux déterminés que ceux tirés des analogies générales de forme des éléments anatomiques complétement développés que doivent être fondées les inductions relatives à leur génération.

Lieberkühn, de son côté, est du reste arrivé à des résultats analogues aux précédents et à ceux que j'ai publiés en 1850 ; il s'exprime ainsi sur le point particulier dont je viens de parler :

« Il est démontré par les observations précédentes que le tendon en voie d'ossification perd la structure de tendon et reçoit celle d'os, sous l'influence des changements continus du tissu qui s'ossifie. L'opinion récemment émise, qui consiste à avoir recours pour l'ossification du cartilage à celle dans laquelle ce ne doit pas être le cartilage même qui forme la base des os, mais un nouveau blastème formé par les espaces médullaires après la dissolution préalable du prétendu cartilage calcaire, cette opinion, dis-je, manque non-seulement de fondement, mais en outre des éléments d'un grand poids établissent décidément le contraire. » (Lieberkühn,

*Ueber die Ossification,* in *Archiv fuer Anat. und Physiol.*, Leipzig, 1860, in-8, p. 838.)

« Par les observations exposées plus haut, il est démontré en outre : *que les corps étoilés du tissu unissant n'existent pas dans le tissu des tendons tels que Virchow les a décrits ;* s'ils y existaient ils devraient, selon les assertions propres de Virchow, devenir des corpuscules osseux pendant l'ossification (1). Nous voyons pourtant de la manière la plus évidente les corpuscules osseux naître uniquement et absolument des cellules de la substance cartilaginiforme interposée à l'os et au tendon apparaissant avant l'ossification. » (Lieberkühn, p. 840. La substance dont parle Lieberkühn est celle dont j'ai fait mention plus haut, et *loc. cit.*, *Comptes rendus et mém. de la Soc. de biologie* 1850, p. 125.)

Plus loin (p. 841), Lieberkühn ajoute : « Dans les régions où *des corpuscules osseux naissent réellement par ossification du tissu unissant figuré* (c'est-à-dire formé de faisceaux subdivisibles en fibres), *l'ossification commence et s'avance par une précession particulière de substance cartilagineuse pourvue de cellules ;* c'est ce qui a lieu dans le tissu tendineux. On doit maintenant remarquer que si Virchow a donné comme acceptable d'une manière générale son opinion sur l'identité des os, des cartilages et des corpuscules du tissu unissant,

---

(1) Plus tard (1862), Lieberkühn, traitant une autre question qui se rattache à elle-ci, s'est exprimé ainsi : « Si les cellules étoilées n'existent pas dans le tissu des tendons, la doctrine d'un prétendu système de tubes plasmatiques ne peut plus être soutenue ici, contrairement à ce que Virchow, et après lui Kölliker et d'autres auteurs, ont admis dans les tendons, etc. » Dès 1858, je me suis élevé aussi contre cette hypothèse.

parce que le tissu cellulaire figuré peut s'ossifier et que ses corpuscules ci-dessus seraient des corpuscules osseux, il importe, dis-je, de remarquer au contraire que jamais ce fait n'a été démontré une seule fois. »

En résumé, on voit que le début de tout *point d'ossification* qui naît au sein d'un cartilage préexistant, vers le centre ou vers la superficie de celui-ci, selon qu'il s'agit d'os court ou d'os long (voy. les fig. 12, 19 et 32), a lieu de la même manière, qui est la suivante.

Dans l'endroit, large de quelques dixièmes de millimètre, où la substance osseuse propre ou fondamentale va paraître bientôt, les chondroplastes perdent leur forme étroite et allongée, anguleuse ou non, dite embryonnaire ou fœtale. Ils deviennent ovoïdes ou arrondis, bien plus larges, à cellules bien développées, nettes, souvent multiples, parfois comprimées réciproquement. Quelquefois aussi ce sont plusieurs chondroplastes à une seule cellule qui sont réunis en groupes de quatre à huit, séparés par une très-mince bande de substance fondamentale hyaline; de sorte que le premier coup d'œil fait croire à l'existence d'un grand chondroplaste à cellules multiples. Les chondroplastes devenus arrondis ou les groupes qu'ils forment se disposent en séries parallèles entre elles ou irradiées à partir du centre du cartilage, avec une mince bande de substance fondamentale généralement hyaline, parfois très-finement striée.

Le point d'ossification débute par la production de groupes de granulations disposés sous forme de traînées dans ces bandes de substance fondamentale, vers leur milieu. Ces granules constituent bientôt des lamelles continues entre les

chondroplastes qu'elles circonscrivent; lamelles qui à la coupe se présentent sous forme de minces trabécules entre-croisées et se joignant ensemble sous des angles divers. Dans les aréoles qu'elles circonscrivent, on reconnaît encore les chondroplastes et leurs cellules n'ayant guère diminué de diamètre, d'autant plus irrégulières et plus grenues qu'on les examine plus près du centre de chaque point d'ossification. On reconnaît ces cellules soit directement sur des coupes fraîches, soit sur des pièces traitées par les acides chlorhydrique ou azotique étendus ou même par l'acide acétique, qui dissout ces lamelles bien plus lentement toutefois que les réactifs précédents.

Le tissu osseux reste ainsi aréolaire à aréoles larges en moyenne de 40 millièmes de millimètre circonscrivant de toutes parts les chondroplastes ; les acides en dissolvant les sels calcaires gonflent la substance organique qui reste après leur action et déterminent la production d'une couche hyaline sinueuse, épaisse de 1 centième de millimètre, bordant la face interne des aréoles. Ce n'est qu'à l'époque où le *point d'ossification* déjà blanchâtre et opaque offre un diamètre de 1 millimètre et parfois plus que se montrent vers son centre les cavités caractéristiques ou, en d'autres termes, que se produisent les canalicules radiés autour des cavités ou aréoles précédentes, réduites alors à un diamètre de 18 à 25 millièmes de millimètre.

Tant que le tissu osseux d'un point d'ossification est à l'état aréolaire, celui-ci diminue notablement de volume lors de la dessiccation du cartilage qui le renferme, parfois de moitié ou environ.

Un tissu osseux semblable (dit *ostéoïde* par quelques au-

teurs, *spongoïde* par d'autres), c'est-à-dire aréolaire et sans ostéoplastes radiés, dépasse toujours, sur une épaisseur de $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$ millimètre, la partie osseuse bien formée, pendant toute la durée de l'ossification des cartilages du squelette de l'enfant (1).

Les lames de ce tissu osseux, qui occupent déjà la place de la substance fondamentale du cartilage, mais ne se sont pas encore substituées aux cavités et à leur contenu cellulaire qu'elles circonscrivent, ont des contours peu réguliers; elles sont généralement grenues et par suite peu transparentes sous le microscope. Aussi sur les coupes portant à la fois sur le cartilage non ossifié, sur la portion aréolaire ou ostéoïde et sur l'os parfait, la partie ostéoïde est plus opaque que la lame d'os de même épaisseur à ostéoplastes radiés qui lui font suite. Ce peu de transparence de la portion encore aréolaire des points d'ossification est même une des causes qui rendent difficiles ces études ostéogéniques.

Sur des coupes de ce genre on trouve ainsi successivement le cartilage transparent avec ses chondroplastes en séries; puis, dans sa substance fondamentale se voient plus près de l'os les traînées parallèles, granuleuses, du dépôt phosphatique qui, plus près encore, s'anastomosent transversalement par des traînées semblables, circonscrivant les chondro-

---

(1) Ou, en d'autres termes, ce n'est qu'à $\frac{1}{3}$ ou à $\frac{1}{2}$ millimètre et plus, en dedans de la périphérie du point osseux, dans les os précédés d'un cartilage de même forme, que se voient des ostéoplastes déjà radiés. Ch. Robin, *Sur les cavités caractéristiques des os.* (*Comptes rendus et mémoires de la Société de biologie*, Paris, 1856, in-8°, p. 193.)

plastes; on arrive ainsi à la couche de tissu osseux aréolaire ou ostéoïde peu transparente décrite plus haut; celle-ci conduit au tissu osseux proprement dit ou parfait, à ostéoplastes bien limités, déjà radiés, plus transparent que le tissu ostéoïde, qui est en continuité avec lui. Ce tissu, dans les points osseux déjà vasculaires et volumineux, forme une mince couche presque compacte plus transparente, épaisse de 1 à 3 dixièmes de millimètre, selon les os dont il s'agit; derrière elle on retombe, si l'on peut dire ainsi, dans un tissu aréolaire, mais qui est du tissu spongieux des os proprement dits, c'est-à-dire dans lequel les aréoles ne sont pas closes de toutes parts, communiquent ensemble, sont pleines de moelle; les lames ou trabécules qui les séparent sont consistantes, transparentes, comme l'os parfait, surtout au contact de la glycérine, et contiennent des ostéoplastes radiés entièrement développés. Dans les os longs ces trabécules forment des colonnettes parallèles au grand axe de l'os, perpendiculaires par conséquent à la lame compacte qui sépare ce tissu spongieux du tissu osseux aréolaire ou ostéoïde et du cartilage; ces colonnettes limitent des espaces médullaires allongés. La forme des trabécules, des lamelles et des espaces médullaires est différente dans les os qui doivent rester spongieux.

J'ai décrit ailleurs (1) la manière dont naissent les ostéo-

---

(1) Ch. Robin, *Observations sur le développement de la substance et du tissu des os.* (*Comptes rendus et mémoires de la Société de biologie*, Paris, 1850, in-8°, p. 119), et article Ostéogénie du *Supplément au dictionnaire des dictionnaires de médecine,* Paris, 1849, in-8°. — a. *Génération osseuse par substitution* (du tissu osseux à celui d'un cartilage préexistant, de même forme) et formation des ostéoplastes.

plastes d'une part, et ensuite leurs canalicules radiés d'autre part (improprement *canaux poreux* de quelques auteurs). Je n'ai par conséquent pas à y revenir. Je mentionnerai cependant que, depuis lors, Lieberkühn a publié des observations étendues qui se rapportent exactement à celles auxquelles je viens de renvoyer.

Lieberkühn s'exprime ainsi sur le point particulier dont il est question ici :

« Les corpuscules osseux rayonnés provenant des cartilages hyalins naissent par des couches d'épaississement qui, en raison de la formation ultérieure des canaux poreux (canalicules des ostéoplastes), s'étendent dans les parois incrustées des cavités cartilagineuses circonscrites, et cela par un rétrécissement successif de ces dernières et par une résorption progressive de la substance osseuse aux extrémités des canaux poreux (p. 705-706). Les restes de cellules enfermés dans les cavités osseuses sont toujours un reste des cellules cartilagineuses, dans les os provenant des cartilages hyalins (1). »

Ailleurs le même auteur ajoute (p. 721) : « Si on poursuit plus loin les phases de l'ossification, on trouve, d'après les faits communiqués tout à l'heure sur la manière dont les choses se passent, que les *cavités cartilagineuses* se rétrécissent peu à peu pendant la diminution de volume des cellules du cartilage, et deviennent des *cavités osseuses radiées* d'après le mode déjà écrit. Par là naissent les *glomeruli* de Brandt. »

(1) Lieberkühn, *Ueber die Ossification des hyalinen Knorpels.* (*Archiv fur Anatomie*, etc. Leipzig, 1862, in-8°, p. 702.)

« H. Müller considère la formation des *glomérules* comme une formation particulière de la substance des os. D'après sa manière de voir, elle s'effectue par suite de ce que la nouvelle substance osseuse avec ses corpuscules remplit plus ou moins les capsules cartilagineuses largement ouvertes, liée ainsi à des espaces préexistants d'une forme déterminée. » Puis un peu plus loin (p. 722) il dit : « Les capsules incomplétement développées de Henri Müller sont des produits de l'art; elles ne sont incomplétement remplies que parce que leur contenu est presque complétement disparu. »

« Il ne peut y avoir de doute sur ce fait quand on considère la formation graduelle de la jeune substance osseuse autour des cellules du cartilage, tant qu'il n'y a pas encore de corpuscules osseux rayonnés, ou dans les cas où ceux-ci ne se forment jamais, comme chez la plupart des poissons cartilagineux. On voit bien alors tout ce que demande H. Müller, c'est-à-dire que, dans les circonstances où sont des groupes de deux, trois ou un plus grand nombre de cellules cartilagineuses, ou aussi lorsqu'il n'y a qu'une cellule cartilagineuse isolée, on les voit entourées non plus par la substance intercellulaire du cartilage, mais par de l'os jeune; on voit aussi de ces groupes reliés par des rayons de cette même substance, qui s'arrête nettement contre la substance fondamentale cartilagineuse non modifiée; on voit enfin ces groupes en continuation avec de l'os complet. En outre, on observe aussi les mêmes phénomènes sur les cornes de cerf, quand elles ne sont pas encore entièrement ossifiées. »

« On trouve ici les *glomeruli* au milieu du cartilage calcifié ou des groupes réunis ensemble de ceux-ci contenant deux

ou trois corpuscules osseux radiés, en continuité de substance avec la masse principale de l'os par un prolongement rétréci de matière osseuse complète; on trouve aussi là des demi-corpuscules osseux comme en figure H. Müller, et des espaces incomplétement remplis, mais où, par comparaison avec ceux-ci qui sont pleins, il devient clair qu'ils appartiennent à ces corpuscules. »

Les descriptions de Lieberkühn confirment en tous points aussi ce que j'ai dit sur la génération des ostéoplastes et sur la formation des cavités médullaires. Il s'exprime ainsi sur ce sujet : « La substance osseuse naissant des cartilages hyalins se résorbe en grande partie dans les os longs pendant l'accroissement; en même temps, à sa place, se forment les espaces médullaires (p. 706). » Et plus loin il ajoute (p. 756) : « Au commencement de la formation des cavités osseuses, les cavités cartilagineuses ne communiquent jamais ensemble, mais elles sont complétement closes l'une contre l'autre; seulement, quand les espaces médullaires se produisent, une communication peut s'établir, mais alors là il ne forme pas d'os, mais des espaces médullaires. Ce qui a été décrit par H. Müller comme période de la formation des corpuscules osseux, c'est-à-dire comme des cellules étoilées à moitié incluses dans une excavation des os, tandis que l'autre moitié est librement saillante au dehors, est seulement un produit de l'art; pendant l'ossification, ces particularités peuvent être observées assez souvent dans les cornes de cerf en voie d'ossification; mais la comparaison avec les préparations de substance entièrement formée apprend en même temps qu'ici, chaque fois que la substance osseuse est entraînée, les cavités osseuses

closes depuis longtemps sont accidentellement ouvertes de nouveau. »

## § VII. — *Applications des données précédentes.*

Ce dernier paragraphe nous amène de l'étude des phénomènes relatés plus haut à celle des faits que permet d'observer l'inflammation des os.

Tout phlegmon est précédé d'une période congestive du tissu lamineux; toute mortification du tissu osseux suit également une congestion analogue de ses capillaires.

Dans le premier cas naissent des éléments fibro-plastiques autour du tissu lamineux où a lieu la suppuration.

Dans le second, au bout de quelques jours à peine, apparaît, autour de ce tissu osseux congestionné, une nouvelle couche de substance entre le périoste et l'os qui va bientôt cesser de vivre : c'est l'os lui-même qui a fourni de l'os, et cela ou sur un ou sur plusieurs points limités en plaques irrégulières ou bien dans la totalité de la surface de la diaphyse. Quand la mortification est complète, on peut enlever le séquestre, et l'os de nouvelle formation reste adhérent (sous forme de couche plus ou moins épaisse) au périoste qu'il a soulevé.

Durant ces différentes phases, le périoste a pris une plus grande épaisseur, due à la congestion des vaisseaux, et c'est cette mortification qui avait fait croire que cette membrane s'épaississait pour *sécréter* l'os avec plus d'énergie. La nouvelle couche s'est développée à la surface de l'os nécrosé lui-même, et en procédant de sa propre substance pendant

les premières phases de sa congestion, et cela en suivant toutes les phases de la génération première susindiquée que parcourt, lors de son apparition, la substance des os non précédés d'un cartilage de même forme. (Voy. Ch. Robin, *Journal de l'anatomie*, 1864, p. 384 et suiv.)

Ce sont les mêmes phénomènes qui se reproduisent après l'*évidement* des os : l'amincissement de la substance compacte, après la perforation du canal de la moelle, etc., sont autant de conditions dans lesquelles se manifeste une vive congestion suivie de nécrose et de l'apparition (à la surface de l'os qui deviendra séquestre) d'une couche nouvelle périphérique, résultant de la congestion que les manœuvres ont amenée dans le tissu osseux : le périoste est étranger à cette formation nouvelle qui le soulève, et pour laquelle il reste comme avant une simple couche de tissu lamineux, dans lequel les vaisseaux se subdivisent en capillaires avant de pénétrer plus avant, ainsi que le fait la pie-mère pour la substance des circonvolutions cérébrales.

Cette couche osseuse n'est pas toujours uniforme, continue avec elle-même partout, mais de petites plaques irrégulières éparses larges de quelques millimètres suffisent pour que l'os se régénère, en tant que tibia, péroné, etc., après l'ablation de l'os primitif sous-jacent nécrosé.

Lorsque, pour opérer une greffe périostique, on a enlevé une portion de cette dernière membrane pour la transplanter autre part, l'observation montre qu'on emporte avec elle et adhérente à sa face profonde la couche mince de quelques centièmes de millimètre de substance osseuse en voie de formation ou de récente génération appartenant à l'os et non au périoste ; cette mince couche n'existe plus passé l'âge

de vingt à vingt-cinq ans, sauf le cas où une ostéite de cause soit accidentelle, soit thérapeutique, comme dans le cas de l'évidement de M. Sédillot, est venue ramener sa production; cette production est due à l'os qui précède le passage de celui-ci à l'état de sequestre; elle a lieu du côté de la substance osseuse et par elle, comme en même temps a lieu, tout contre, l'épaississement du tissu périostique par multiplication de ses propres éléments; et cela en raison des mêmes causes générales d'afflux sanguin, qui ont aussi causé l'hypergénèse osseuse. En d'autres termes, l'os fait de l'os, comme le nerf coupé fait du nerf, comme le périoste congestionné fait des éléments semblables aux siens, dont la suraddition amène l'épaississement de la couche ainsi nommée, sans qu'il y ait ici plus que là un autre tissu chargé d'en fournir les éléments primitifs tout formés, sans qu'il y ait d'avance des éléments ou cellules jusque-là inutiles ou indifférents n'attendant que l'occasion de se transformer pour devenir actifs et utiles.

L'observation infirme l'admission hypothétique de l'existence de ces cellules dites *cellules embryonnaires de l'os ou du périoste*. Les éléments décrits sous ce nom sont des cellules de tissu médullaire qu'on retrouve le long des petits vaisseaux des os dans les *canaux de Havers* jusqu'au périoste, mais sans qu'ils forment une couche sous-périostique. Dans les transplantations périostiques, en enlevant le périoste sur des animaux non adultes, on enlève de l'os une couche très-mince, en voie d'évolution, et avec elle les éléments de la moelle contenus dans ses conduits vasculaires et dans ses aréoles médullaires. (Voy. Ch. Robin, *Journal de l'anatomie*, 1864, p. 516 et 595.)

Mais il est certain que, dans tous les os, les éléments de la moelle naissent après la substance osseuse, au fur et à mesure que celle-ci se résorbe en certains points. Cette génération primitive est même très-tardive dans certains os, tels que les os plats, les maxillaires, les os de la voûte crânienne, etc. Aussi ne saurait-on, en aucune manière, considérer, avec quelques auteurs, ces éléments médullaires comme formateurs des os ou capables de se transformer en os, alors qu'ils ne naissent que là où la substance osseuse se résorbe pour faire place à des vaisseaux et à la moelle même, alors aussi que nulle part, sur chaque os envisagé isolément sur le fœtus, on ne peut voir, pas plus que chez l'adulte, l'incrustation de ces cellules et leur passage à l'état d'os.

Je ne ferai (Voy. *Comptes rendus et Mémoires de la Société de biologie*, Paris, 1864), à propos des propriétés physiologiques de la moelle, que ces seules remarques : La moelle naît après le tissu osseux ; le tissu osseux commence par être compacte, même lorsqu'il s'agit des os longs, et ce n'est qu'à la suite de la résorption des parties centrales d'un os long, et au fur et à mesure qu'a lieu cette résorption, que se produisent des cavités qui se remplissent immédiatement de moelle. Ainsi, ce tissu naît très-tard par rapport à l'apparition des premiers tissus qui viennent former l'embryon ; de sorte qu'il est impossible, matériellement parlant, d'admettre que le tissu médullaire provient des cellules embryonnaires, comme semblent le supposer quelques auteurs qui voudraient rattacher par un lien généalogique direct la génération de tous les éléments anatomiques aux cellules provenant de la segmentation du vitellus. C'est là un fait des plus remarquables pour la génération des éléments anatomiques de voir que, partout

où existe du tissu osseux compacte, lorsqu'il s'y produit des cavités par résorption, il naît dans ces cavités, et de toutes pièces, molécule à molécule, des médullocelles, des myéloplaxes et de la substance amorphe.

Ainsi l'os qui grandit ou se reproduit vient non pas du périoste, mais de l'os lui-même.

« La substance osseuse se forme par un dépôt de sels terreux dans une trame cartilagineuse homogène, au fur et à mesure qu'a lieu la formation de celle-ci ; elle est à peine formée, qu'elle est envahie par les sels terreux, et, au fur et à mesure, elle envahit elle-même les tissus voisins, d'où agrandissement de l'os. L'organe, dans ce cas, n'est pas précédé, pendant un certain temps, par un cartilage qui en représente à peu près la forme, comme dans le premier cas. C'est la *formation par envahissement*. Ce mode de formation est propre à la plupart des os de la tête, tant pour leur apparition primitive que pour leur agrandissement consécutif; c'est en outre par ce mode que s'agrandissent, consécutivement à leur apparition, les os qui se sont formés par substitution à un cartilage préexistant. La formation par envahissement a lieu, en effet, dans les pariétaux, le frontal, l'occipital, moins les condyles et l'apophyse basilaire; la partie écailleuse du temporal et l'apophyse zygomatique, l'anneau tympanique, les petites ailes du sphénoïde, la partie mince des grandes ailes, l'ethmoïde, les cornets du nez et tous les autres os de la tête, même les maxillaires supérieur et inferieur, moins le condyle et la portion de la branche verticale qui le supporte...

« La formation par envahissement a lieu en outre dans tous les os qui ont été précédés d'un cartilage, dès que le périchondre est devenu périoste, dès que tout le cartilage

préexistant est devenu os. C'est de la sorte que se fait l'accroissement en volume des os. Ici donc l'os, qui avait commencé par substitution de la matière osseuse au cartilage, grandit par envahissement. » (Ch. Robin, *Observations sur le développement de la substance et du tissu des os*. Comptes rendus et mémoires de la Société de biologie, 1850, in-8°, p. 124.)

« Cette *trame cartilagineuse*, qui envahit peu à peu une place occupée d'abord par d'autres tissus, et se remplit au fur et à mesure d'un dépôt phosphatique, diffère un peu du cartilage proprement dit. On y distingue, comme dans le cartilage, une *substance fondamentale* creusée de *cavités*. La substance fondamentale diffère de celle du cartilage ordinaire par sa coloration légèrement ambrée, jaunâtre; elle paraît moins homogène, surtout pour les os du crâne, ce qui tient à ce qu'on voit les surfaces libres de la substance, lesquelles sont toujours un peu irrégulières. Les cavités surtout diffèrent de celles des cartilages; elles n'ont guère que $0^{mm},010$ à $0^{mm},020$ de largeur en tous sens, c'est-à-dire un diamètre en général au moins de moitié plus petit que celui des cavités des autres cartilages, sauf les cavités de la surface des cartilages articulaires; elles sont à peu près d'égal diamètre en tout sens dans les os du crâne, et un peu allongées dans ceux des membres en voie d'accroissement (p. 125).

« Je dis *formation osseuse par substitution*, parce qu'un tissu *se substitue* à un autre qui existait, et *formation par envahissement*, parce que la trame cartilagineuse et l'os envahissent une place où ni cartilage ni os n'existaient (1). Ils

---

(1) « Ainsi ce n'est pas du périoste, mais de l'os lui-même que part la for-

envahissent cette place en repoussant et prenant la place d'autres tissus, lesquels se résorbent et s'accroissent du côté opposé (p. 127). »

---

mation du cal. » (Littré et Robin, *Dict. de médecine*, 10e édition, 1855, art. *Cal*, p. 192, et éditions 11e et 12e.) Ce qui est pour la régénération des os rompus, est, à plus forte raison, du cas où un état congestif, etc., amène la régénération d'un os sur toute la surface de celui-ci. (Voy. aussi l'art. *Périoste* des éditions 11e et 12e de ce *Dictionnaire*.)

## CHAPITRE III.

*Du contenu des cavités intervertébrales après leur formation.*

Nous avons vu précédemment que les cavités intervertébrales se forment par dilatation de la notocorde, dont les cellules se multiplient par segmentation à ce niveau. Lorsque le point d'ossification central du corps des vertèbres apparaît, et même avant, la paroi propre hyaline transparente de la corde dorsale, qui était facile à voir et à isoler, disparaît complétement. On ne peut plus en démontrer la présence, ni dans le rachis proprement dit, ni dans la portion coccygienne de la colonne vertébrale.

En même temps qu'a lieu cette dilatation, ou un peu après, le liquide normalement interposé entre le cordon celluleux de la notocorde et son enveloppe augmente beaucoup de quantité, puis à cette époque, sur le lapin, mais vers le troisième mois seulement chez le fœtus humain, on voit les cellules ne plus former un cordon ou un amas unique dans la cavité. Le cordon celluleux et le renflement qu'il présente

à ce niveau se partagent en plusieurs groupes ou amas de cellules flottant dans le liquide visqueux, transparent, de la cavité intervertébrale. Quelques cellules isolées y flottent librement aussi.

Ce liquide ou plutôt cette matière demi-liquide visqueuse continue à être semblable à celle qui existait dans la gaîne de la notocorde ; elle est seulement plus abondante et n'a fait qu'augmenter de quantité, en même temps que la dilatation de la cavité qui entoure et contient le cordon celluleux de la corde dorsale. A quelques différences secondaires près, dues aux modifications graduelles des cellules qui flottent au milieu d'elle, la similitude de cette matière avec celle qui se trouve dans la gaîne de la notocorde se conserve pendant toute la durée de son existence. C'est donc la même matière qui existe dès l'âge embryonnaire, mais qui augmente de quantité au fur et à mesure qu'a lieu l'accroissement.

Dès leur formation, les amas de cellules provenant de la dissociation du cordon celluleux de la notocorde et de la multiplication de celles-là sont arrondis ou ovoïdes (pl. XI, fig. 49, 50, 52 et 54), constitués par la réunion de 4 à 10 cellules environ immédiatement contiguës les unes aux autres. Il est de ces amas qui sont allongés, prolongés en pointe à une de leurs extrémités, par suite de la juxtaposition en série de deux ou trois cellules placées l'une à la suite de l'autre.

D'autres groupes sont formés d'un plus grand nombre de cellules, mais ne sont point encore assez gros pour qu'ils soient apercevables à l'œil ou sous forme de petits grains grisâtres, comme plus tard ; ils sont ovoïdes ou allongés, cylindriques, un peu effilés à leurs deux bouts. Il est impossible

de voir encore à cet âge la disposition que postérieurement les cellules présenteront à la périphérie de la cavité (1).

Du deuxième au troisième mois de la vie intra-utérine, les cavités se montrent sur la coupe des disques comme un point transparent, large de $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ millimètre, selon qu'on l'examine aux extrémités ou au centre du rachis.

A cette époque, la face interne de la cavité cesse d'être lisse; elle devient aréolaire et présente déjà des prolongements villeux, fibreux ou fibro-cartilagineux, offrant les dispositions les plus variées et les plus élégantes et que je n'ai pas à décrire ici (2). Ces prolongements plongent dans la cavité, au sein de la substance gélatiniforme, entre les amas de cellules, et on enlève souvent le tout en même temps. En outre, la substance gélatineuse et ses cellules propres remplissent les aréoles de la périphérie de la cavité. Ces dernières sont circonscrites par des faisceaux, les uns fibreux, les

(1) Luschka (*loc. cit.*, p. 50) considère la substance gélatineuse, homogène, visqueuse, dans laquelle sont plongés les amas de cellules et les cellules isolées, comme une substance intercellulaire, une sorte de substance unissante sans structure, qui devient plus tard la trame d'un tissu fibrillaire. Mais cette matière ne saurait être comparée aux substances amorphes qu'on trouve souvent interposées aux cellules ou aux fibres de divers tissus. Son existence dans la gaîne de la notocorde entre cette gaîne et le cordon celluleux, et non entre les cellules, montrent que ce n'est pas une substance amorphe unissante intercellulaire; elle n'existe pas non plus entre les cellules de chacun des amas qui viennent d'être décrits, mais c'est dans cette matière gélatineuse, demi-liquide, que flottent les groupes de cellules qui proviennent de la dissociation du cordon celluleux; elle est donc plutôt analogue à une humeur telle que la synovie, etc., sans être identique pourtant à ce liquide.

(2) Ils ont été étudiés avec le plus grand soin par Luschka (Die *Halbgelenke*. Berlin, 1858, in-8°, p. 45 et suiv., pl. III, fig. 6,7, etc.).

autres fibro-cartilagineux, dont se détachent ou non des villosités de même nature ; par places elles sont circonscrites par des fibres lamineuses isolées, entre-croisées de diverses manières.

Ces aréoles qui, à partir de cet âge, se retrouvent tant que la cavité persiste, offrent des dispositions d'une grande élégance et d'une grande délicatesse ; à mesure que le sujet avance en âge, elles deviennent plus nombreuses, plus profondes, par rapport au centre de la cavité, et lorsque celle-ci se rétrécit, elles empiètent de plus en plus dans sa profondeur.

A cet âge (trois mois), le contenu de la cavité est gélatineux et assez ferme pour glisser entre les deux lames de verre, et ne s'aplatit pas sous l'influence de leur seule pression. Ce contenu est transparent, un peu blanchâtre, et s'enlève en entier sous forme d'une petite masse lenticulaire, lorsqu'on râcle la cavité du disque avec un instrument mousse (1).

---

(1) Les cellules que contient cette substance pulpeuse des disques intervertébraux ont été vues et figurées d'abord par Tood et Bowman (*Physiological anatomy*, London, 1845 ; in-8°, 1re livraison, p. 95, fig. 17, *e*, *f*) sans dénomination spéciale. Donders a, peu après, bien étudié les cellules de la *substance comparable au corps vitré des disques intervertébraux* chez le fœtus déjà développé ; il a montré qu'elles sont réunies en groupes, se gonflent beaucoup par l'action de l'eau, deviennent rondes et isolées. Elles ont un noyau et un nucléole, et ne montrent pas de génération endogène. En approchant de la périphérie elles sont disposées en séries et deviennent plus petites. (Donders. *Bêitraege hollandische zuden anatomischen and physiologischen Wissenschaften.* Utrecht, 1837 ; in-8°, t. I, p. 164.) Depuis lors elles ont été signalées par quel-

A cette époque de la vie intra-utérine, les cellules sont contiguës et pressées les unes contre les autres à la périphérie de la cavité et disposées comme des cellules épithéliales. Toutes sont polyédriques par pression réciproque et forment ainsi une couche ou masse grisâtre adhérente à la face interne de la paroi, (fig. 6 *abcd* fig. 7 *hij* et fig. 8). Cette couche se prolonge sous forme de série ou d'amas allongés, simples ou ramifiés (fig. 9) vers le centre de la cavité. Ces séries de cellules peuvent être formées d'une seule rangée (*bcd*) ou disposées plusieurs les unes à côté des autres, et subdivisées (*f*) ou non. Il résulte de ces dispositions un aspect très-élégant pour l'ensemble de ces prolongements. Parfois ce sont des amas arrondis ou ovoïdes que l'on voit appendus au bout d'une série de cellules (fig. 9 *a*) ou rattachés directement par une sorte de pédicule étroit, également formé de cellules, à la couche de celles-ci (fig. 6, 7 et 8), qui adhère à la face interne de la cavité.

Dans la partie centrale de cette dernière, ce sont quelques cellules isolées et surtout des amas de cellules que l'on trouve plongés dans la substance demi-fluide transparente dont il a déjà été question. Ces amas sont semblables à ceux qui ont été signalés ci-dessus ; mais il en est quelques-uns qui sont assez gros pour être facilement apercevables à l'œil nu sous forme de petits grains grisâtres ou blanchâtres demi-transparents. Il en est d'arrondis, d'ovoïdes, d'autres en forme de

---

ques auteurs ; je les ai appelées *cellules propres de la substance gélatineuse des disques intervertébraux*. (Dictionnaire de médecine, 10ᵉ édition, par Littré et Robin ; Paris, 1854-1855, p. 448, 2ᵉ colonne, nº 12.)

ovoïdes ou allongés, qui flottent dans la substance gélatineuse des disques intervertébraux (fig. 9, 10, 14, 15, 18, 19 et 20). Ces globules pâles sont plus ou moins difficiles à distinguer, selon que ces amas sont plus ou moins gros, ou formés par des cellules granuleuses ou non (pl. XI, fig. 52 *a*). Ils sont entourés de toutes parts par les cellules, et ce sont parfois celles qui les avoisinent immédiatement qui offrent le plus de granulations et qui rendent ces amas plus ou moins foncés et même parfois presque opaques sous le microscope (fig. 15).

Du quatrième au cinquième mois, on trouve encore les mêmes dispositions que celles qui viennent d'être décrites, mais la matière gélatiniforme des cavités est plus molle qu'aux époques antérieures, à l'exception de celles du sacrum et du coccyx. Les amas de cellules qui sont libres et flottants sont plus nombreux; il en est davantage qui sont visibles à l'œil nu. Les cellules pourvues de vacuoles pleines de matière sarcodique sont plus abondantes et ces vacuoles sont plus nombreuses.

Du cinquième au huitième mois, les cavités intervertébrales, très-petites au coccyx et au sacrum, deviennent subitement larges de 1 millimètre entre la première sacrée et la cinquième lombaire. Elles diminuent à la colonne dorsale et au cou entre les vertèbres dès qu'elles n'ont plus que $\frac{1}{2}$ millimètre. Le contenu de chaque cavité se présente sous forme d'une petite masse gélatiniforme, qui tranche comme un point clair et brillant sur la teinte blanche et mate du disque interarticulaire. La cavité est alors lenticulaire, plus large que haute, et le contenu s'en échappe tout entier par la pression sous forme d'un petit grain arrondi.

Dans le sacrum et surtout dans le coccyx, les cavités sont aussi lenticulaires, mais de moitié aux trois quarts plus petites. Le contenu a le même aspect, mais il est plus ferme et n'est pas visqueux, demi-liquide, comme dans les vertèbres lombaires. Ce contenu s'enlève en entier par le râclage sous forme d'une petite masse transparente, que la pression des lames de verre de la préparation n'éparpille pas en petits grains grisâtres dans un liquide visqueux, comme ce fait a lieu pour la matière des cavités intervertébrales lombaires. Ce contenu est formé presque entièrement de cellules pressées les unes contre les autres; il n'y a de liquide visqueux et quelques groupes globuleux que vers leur partie centrale. Les cellules réunies en couche à la périphérie de la cavité sont généralement petites et polyédriques (comme dans la fig. 39, pl. IX). Il y en a d'isolées au centre, qui sont arrondies, avec ou sans vacuoles sarcodiques (pl. X, fig. 47 *a b*).

Dans le contenu visqueux des cavités lombaires, dorsales et cervicales, que la simple pression de la lamelle de verre supérieure éparpille en couche incolore parsemée de grains grisâtres, on trouve des cellules isolées semblables aux précédentes et d'autres qui sont polyédriques à angles arrondis, laissant exsuder rapidement des gouttes sarcodiques claires incolores, qui bientôt s'étranglent à leur point d'adhérence avec la cellule (pl. XI, fig. 50 *ab*), deviennent libres et entraînent des noyaux d'un assez grand nombre de celles-ci (*g i*).

Les petits grains grisâtres apercevables à l'œil nu ont environ $\frac{1}{10}$ de millimètre et sont mêlés d'autres plus petits de même forme. Ces grains sont semblables à ceux décrits précédemment; les globules clairs centraux se voient

sur un certain nombre d'entre eux et sont difficiles à distinguer. Beaucoup de ces groupes ont à leur périphérie des cellules allongées (fig. 49 *a* et pl. X, fig. 47 *e*) ou saillantes isolément à côté d'autres plus régulièrement juxtaposées (fig. 48 *a b c*). Ces particularités leur donnent un aspect un peu différent de celui des autres amas. On trouve des amas qui sont encore réunis par des traînées de cellules (fig. 45 *a b e f*). Beaucoup de cellules contiennent ou montrent la formation des vacuoles sarcodiques décrites plus haut, les unes très-petites, les autres grandes (fig. 40 et pl. XI, fig. 58); toutes ces cellules laissent exsuder beaucoup de gouttes sarcodiques, et rapidement dès que le liquide de la préparation commence à s'évaporer. La glycérine fait suinter aussi cette substance sarcodique sous forme de gouttelettes rosées; alors les amas de cellules deviennent un peu plus petits et plus foncés qu'ils n'étaient, les cellules y sont plus distinctes, et les globes centraux clairs également, lorsqu'ils existent.

Après la naissance, la face interne de la cavité des disques est comme pulpeuse dans toutes les cavités lombaires, dorsales et cervicales; elle présente alors beaucoup de prolongements villeux, fibreux ou fibro-cartilagineux, plongeant dans le contenu.

Les cellules libres et les groupes qu'elles forment sont semblables à ceux qui ont été décrits plus haut. Mais il y en a davantage qui renferment des gouttes sarcodiques; celles-ci sont plus grandes et, dans les amas, les cellules sont devenues plus granuleuses, cohérentes, difficiles à distinguer les unes des autres, avant que l'eau les ait gonflées.

Vers la deuxième année, on voit dans le coccyx la cavité des disques intervertébraux plus grande qu'elle n'était à la

naissance, mais plus petite que dans les disques qui séparent les pièces du sacrum. A partir de cette époque jusqu'à celle de la soudure de ces pièces ensemble, la cavité se trouve de plus en plus proche de la face antérieure du coccyx. Son contenu est moins mou, plus élastique, plus grisâtre qu'auparavant. Il est formé des cellules déjà signalées, contiguës, rapprochées, un peu plus grandes vers le centre qu'à la circonférence; le fibro-cartilage se prolonge entre elles et leur est immédiatement contigu. Presque partout ces cellules sont plus pâles qu'aux périodes antérieures et sans vacuoles sarcodiques. Du reste, l'eau les gonfle peu à peu et l'acide acétique les rend granuleuses, les flétrit, comme il le fait sur celles des cavités intervertébrales des lombes ou du dos.

Des fibres lamineuses, d'autant plus abondantes que l'enfant est plus âgé, et bientôt accompagnées de matière amorphe finement granuleuse, traversent çà et là la masse des cellules et remplacent la matière amorphe demi-liquide dans laquelle plongeaient les amas de cellules à un âge moins avancé. De la sorte la cavité est à peu près comblée et son contenu remplacé par du fibro-cartilage semblable à celui qui est interposé aux pièces du coccyx, fibro-cartilage qui s'ossifiera peu à peu plus tard. Vers cinq ou six ans, on trouve les cavités des disques des trois ou quatre dernières pièces du sacrum s'oblitérant de la même manière, et leur contenu arrivé au même état. Peu à peu, à mesure que l'enfant avance en âge, ou sur un même sujet, en prenant des pièces du sacrum de plus en plus rapprochées du coccyx, les fibres de ce fibro-cartilage, qui remplace le contenu des cavités, circonscrivent des espaces de plus en plus étroits, régulièrement anguleux et polyédriques. Les bords des fragments de ce tissu dilacéré

sous le microscope montrent que ces espaces sont pleins d'une substance amorphe, homogène, finement granuleuse, transparente. Dans cette substance, au centre de la plupart des espaces ou à peu près, se trouvent une ou plusieurs cellules cartilagineuses, arrondies ou irrégulières. Les fibres de ce fibro-cartilage sont fines, pâles, isolées ou plusieurs sont ensemble, mais non contiguës sous forme de faisceaux. Parfois des traînées de fines granulations les accompagnent.

Çà et là on voit encore dans cette substance grisâtre, molle, qui remplace le contenu gélatineux des cavités, quelques rangées de cellules polyédriques, semblables à celles dont l'existence a été signalée précédemment, ou des noyaux nombreux semblables à ceux de ces dernières, plongés dans la substance amorphe finement granuleuse signalée ci-dessus.

Cette substance grisâtre, molle, élastique, ayant perdu son état gélatineux, occupe encore une cavité bien limitée, lenticulaire, large de 1 à 4 millimètres selon la grandeur des pièces du sacrum entre lesquelles on l'étudie. Mais à cette époque (cinq ou six ans), dès l'intervalle de la deuxième et de la première vertèbre sacrée, la cavité devient énorme par comparaison et remplie de substance gélatiniforme demi-liquide, visqueuse; ces caractères sont encore bien plus tranchés dans la cavité du disque qui sépare le sacrum de la cinquième vertèbre lombaire.

En examinant les cavités intervertébrales de bas en haut, du coccyx vers le sacrum, on peut constater que c'est par la portion postérieure plutôt que dans toute l'étendue de la cavité à la fois que la substance grisâtre devenant fibro-cartilagineuse, envahit celle-ci; c'est d'arrière en avant qu'elle la rétrécit; elle est d'autant moins transparente, d'autant plus

grisâtre, que le sujet est plus âgé, de même que la cavité ou portion de cavité encore pleine de matière gélatineuse est d'autant plus grande qu'en partant du coccyx ou des dernières vertèbres sacrées on approche plus de la première.

Dès l'intervalle de la première sacrée et de la dernière lombaire, la substance molle se montre abondante, et les cellules pleines de gouttes sarcodiques distendues par elles ; elles sont ainsi rendues souvent tout à fait méconnaissables, surtout dans les amas (pl. XI, fig. 55 et 56), où elles sont serrées, tant que l'eau ne les a pas gonflées. Sur les amas, à cet âge on trouve un certain nombre de noyaux libres qui leur adhèrent (fig. 56 *b* et fig. 57 *a b*). Les mêmes particularités s'observent dans les cavités des disques cervicaux. Mais dans celles des disques dorsaux, les cavités sont plus petites, les cellules des amas plus granuleuses, grisâtres, et moins creusées de vacuoles sarcodiques (fig. 56).

Du reste, partout quelques amas se trouvent enveloppés d'une substance muqueuse, finement striée (pl. X, fig. 48 *d, e*), surtout aux bouts des groupes contenant parfois des gouttes sarcodiques libres, exsudées par les cellules (pl. XII, fig. 59, *b c*). Les grains grisâtres, visibles à l'œil nu, qui sont plongés dans la substance gélatineuse demi-liquide, homogène, sont larges de $\frac{1}{10}$ à $\frac{5}{10}$ de millimètre et plus, dès l'âge de trois ou quatre ans, et les cavités intervertébrales ont à cette époque un diamètre transversal de 2 à 3 millimètres. Les cellules de ces amas sont très-distendues par une ou par plusieurs gouttes sarcodiques, ce qui leur donne un aspect bizarre (pl. XI, fig. 55, et pl. X, fig. 48).

Lorsque la préparation est faite depuis quelque temps, on voit ces grandes gouttes suinter en gouttelettes très-

nombreuses, pâles, formant une véritable poussière de fines gouttes liquides assez denses. Les amas de cellules deviennent irréguliers, comme flétris, lorsque par ce suintement les cellules sont entièrement vidées. Quelques-unes de celles-ci, soit libres, soit réunies en amas perdent leur noyau, et dans celles qui le possèdent encore, sa circonférence est moins nette qu'à l'ordinaire (pl. XI, fig. 57). J'ai déjà dit que l'eau gonfle beaucoup les cellules et leur noyau, les rend vésiculeuses et détermine l'issue des gouttes sarcodiques (*c d*), fait qui correspond au gonflement considérable que la substance gélatineuse des disques intervertébraux acquiert au contact de l'eau. A la surface de ces amas gonflés devenus vésiculeux restent adhérents des noyaux libres plus ou moins granuleux (*a b*), semblables à ceux des cellules avant l'action de l'eau, mais se gonflant plus tard peu à peu.

Lorsque l'on étudie successivement sur les disques d'une même colonne vertébrale les phases de la putréfaction de la sub an ce gélatineuse, on voit le suintement des gouttes sarcodiques devenir de plus en plus prononcé. Lorsque les tissus entourant la colonne vertébrale entrent en pleine putréfaction, les gouttes sarcodiques rosées n'existent plus. Une partie des amas de cellules offre à peu près l'aspect qu'ils ont après l'action de l'eau ; les cellules sont devenues claires, plus grosses qu'elles n'étaient, globuleuses ou polyédriques par pression réciproque. Beaucoup d'amas ressemblent à ceux dont les cellules se sont crevées après avoir été gonflées par l'eau ; ils ne sont plus formés que par des cellules plissées, granuleuses, irrégulières. Presque tous ces groupes de cellules renferment à leur centre un grand globule, clair,

et à la manière dont il est entouré par les cellules, il semble être le produit de l'exsudation de celles-ci. Il existe alors autour des amas une foule de gouttelettes sarcodiques.

A partir de l'âge de sept ou huit ans jusqu'à l'époque où les cavités intervertébrales disparaissent, les groupes de cellules conservent la même forme et le même volume, mais le noyau et le corps des cellules y sont entièrement méconnaissables, par suite du grand nombre de gouttes sarcodiques qui les distendent (pl. XII, fig. 59 *b c*). Les unes de ces gouttes sont très-grosses, les autres très-fines. Elles sont plus denses qu'elles n'étaient aux époques antérieures, plus jaunâtres et réfractent plus fortement la lumière, de sorte que leur contour est devenu plus foncé qu'il n'était auparavant. Beaucoup de ces gouttes sorties des cellules entourent les amas de cellules et leur adhèrent, plongées dans la substance muqueuse finement striée, qui enveloppe la plupart des groupes. On trouve en outre un nombre considérable de ces gouttes flottant librement dans le liquide gélatineux des cavités. Elles y présentent les dimensions et les figures les plus diverses, arrondies, ovoïdes, en forme de larmes bataviques, de cylindre droit ou courbe à extrémités mousses ou effilées. Ces gouttes sont presque demi-solides, isolées ou réunies, souvent disposées en traînées ou séries, donnant à la préparation un aspect tout particulier, en raison de leur nombre, de leur forme, de leur homogénéité, etc. (1).

---

(1) Virchow décrit les restes de la corde dorsale, la substance molle des disques intervertébraux comme formée de groupes cellulaires, vésiculeux, plus ou moins gros et d'une substance claire en général, homogène, mélangée de

Les cellules isolées ou réunies au nombre de 2 ou 3 qui flottent dans le liquide gélatineux des cavités (pl. XII, fig. 59 *defgh*) sont plus reconnaissables que celles qui sont dans les amas et les constituent; néanmoins leur distension par des gouttes sarcodiques nombreuses, de volume et de forme différents les rendent assez dissemblables de ce qu'elles étaient antérieurement. On en trouve aussi un certain nombre qui sont plus ou moins irrégulières, granuleuses, sans vacuoles (fig. 24). Celles qui renferment des gouttes dans leur intérieur sont généralement entourées aussi d'un très-grand nombre de gouttelettes semblables (fig. 59).

Plus tard, à partir de l'âge de vingt ans, ou au delà selon les sujets, on voit que plus les individus approchent de l'état adulte, plus la substance des cavités intervertébrales devient grisâtre, friable, demi-solide. On reconnaît alors que cette particularité tient en partie à ce que les prolongements fibreux et fibro-cartilagineux en forme de villosité (planche XII, fig. 63) se sont multipliés et entrecroisés dans la cavité. Mais on constate aussi que ce changement d'aspect est dû à la production de fibro-cartilage entre ces prolongements et jusqu'au centre de la cavité; celle-ci se trouve peu à peu comblée par ce tissu grisâtre, plus ou moins mou, comme nous avons vu que s'oblitéraient aussi les cavités

---

beaucoup de *corpuscules* qu'il nomme *colloïdes*. (Virchow. *Verhandl. der phys.-med. Gesellschaft in Würzburg*. 1852, t. II, p. 283-284.) Ces *corpuscules* dits *colloïdes* ne sont que la matière sarcodique sortie des cellules et flottant librement dans la matière amorphe gélatineuse avec les cellules isolées et en amas qui les ont exsudées. Ces gouttes sarcodiques sont seulement devenues un peu plus denses qu'elles n'étaient avant leur issue.

interposées aux pièces du coccyx et du sacrum avant l'ossification des disques qui les séparent et la soudure de ces pièces vertébrales. Les phases de cette oblitération et de la production de ce fibro-cartilage sont les mêmes. On voit en effet se produire une substance fondamentale amorphe, granuleuse, mais davantage qu'au sacrum, parcourue par des fibres isolées ou en faisceaux, entrecroisées, et çà et là entre elles dans la substance amorphe existent de grandes cellules cartilagineuses, isolées ou réunies plusieurs ensemble dans une même cavité ou chondroplaste.

Lorsque la substance qui remplit la cavité intervertébrale au lieu d'être gélatiniforme est encore grisâtre, friable, demi-solide, sans avoir atteint le degré de consistance des parties voisines des disques, il reste un peu de matière visqueuse, homogène, transparente (mais très-peu et çà et là seulement), entre les faisceaux du tissu fibro-cartilagineux signalés précédemment. Dans cette substance il y a aussi quelques cellules, alors toutes plissées, grisâtres, généralement irrégulières (pl. X, fig. 24). Elles sont granuleuses et ne renferment plus de gouttes sarcodiques, mais on trouve un grand nombre de celles-ci, très-petites généralement, dans la substance gélatineuse qui reste encore.

Ainsi on voit par cette analogie, facile à constater, entre le mode d'oblitération des cavités intervertébrales du coccyx et du sacrum, vers l'âge de six à douze ans, et celui des cavités chez l'adulte, que dans leur évolution les disques interposés à ces os sont vieux sous ce rapport dès le bas âge de chaque individu. Ils nous montrent de bonne heure un état de la substance des disques intervertébraux que pour les autres

vertèbres on est forcé de chercher sur les vieillards (1).

Les dispositions des cellules, en couches, en séries, en amas, etc., se retrouvent avec les mêmes caractères que chez l'homme sur les embryons de vache. Les cellules sont seulement un peu plus petites et se gonflent plus lentement au contact de l'eau. Il s'y produit moins rapidement des gout-

---

(1) Sur un fœtus de huit mois, mort-né, et dont la mort datait de trois jours au moins avant l'accouchement, à en juger par l'absence de battements du cœur depuis ce temps, la substance de la cavité des disques intervertébraux offrait les particularités suivantes. Elle formait entre chaque vertèbre une petite masse lenticulaire, un peu moins molle qu'à l'ordinaire, jaunâtre, tout à fait opaque, s'isolant facilement. Elle était partout formée presque exclusivement de cellules en couches ou masses continues, non arrondies, et ne contenant pas de vacuoles ; il n'y avait presque pas d'amas arrondis ou ovoïdes, de substance gélatineuse homogène. Les cellules étaient très-pâles, finement granuleuses, polyédriques par pression réciproque, et leurs bords étaient difficiles à distinguer. Les couches de cellules étaient parsemées d'un grand nombre de corpuscules jaunâtres (pl. XII, fig. 60 et 61), très-foncés, surtout sur les bords, presque opaques sous le microscope, se dissolvant dans l'acide chlorhydrique, sans dégagement de gaz. Les plus petits de ces corps avaient de 2 à 3 millièmes de millimètre ; la plupart étaient larges de 5 à 10 millièmes ; presque tous étaient irrégulièrement polyédriques et contenus dans l'épaisseur même des cellules, dont alors le noyau était difficile à distinguer. Par places on trouvait un certain nombre de ces corps qui, arrondis ou polyédriques, étaient, les uns isolés, les autres réunis en amas irréguliers plus ou moins volumineux. Par places, tous ces corps étaient tellement nombreux qu'il ne restait pas entre eux un espace égal à leur propre diamètre (fig. 61). On trouvait enfin quelques-uns de ces corps calcaires arrondis, larges de près de $\frac{1}{10}$ de millimètre, au milieu des cellules et entourés de plus petits grains polyédriques assez régulièrement disposés autour des plus gros (fig. 60). Çà et là aussi dans leur voisinage existaient des grains calcaires, analogues aux précédents, réunis en amas plus ou moins larges.

tes sarcodiques, lorsque les préparations commencent à s'altérer.

Jusqu'à la fin du deuxième mois, il n'y a pas de différence entre les cavités intervertébrales du sacrum et celles des lombes : mais sur les embryons de trois mois on trouve les cavités plus petites qu'aux époques antérieures. Larges de $\frac{2}{3}$ de millimètre aux lombes, elles n'ont plus que $\frac{1}{4}$ de millimètre entre la deuxième et la troisième sacrée, puis entre celle-ci et la quatrième; on les retrouve plus grandes et à contours plus nets dans les vertèbres placées au-dessous, jusqu'à la cinquième coccygienne où elles cessent d'être apercevables. Leur contenu offre les mêmes caractères que celui des cavités intervertébrales de même grandeur.

A une période plus avancée, entre le troisième et le quatrième mois environ de la vie intra-utérine, les cavités intervertébrales commencent à se combler et à disparaître chez les fœtus de vache; cette disparition débute par celle du contenu du troisième et du quatrième disque intervertébral du sacrum. Ce sont en effet les premières pièces qui se soudent ensemble. L'oblitération de ces cavités suit les phases qui ont été décrites ci-dessus en parlant de l'oblitération des cavités du sacrum dans l'embryon humain. Cette oblitération s'étend peu à peu aux autres cavités des disques de toute la colonne vertébrale, de telle façon, qu'au sixième mois de la vie intra-utérine il n'y a plus de cavité dans quelque disque inter-articulaire que ce soit. Aussi voit-on que sur le veau et sur le bœuf les disques inter-articulaires sont fibro-cartilagineux dans toute leur étendue et ne présentent plus de

cavité pleine de liquide gélatiniforme. Il en est de même dans le cheval.

Sur le lapin on observe les mêmes phases d'évolution des cavités intervertébrales que chez l'homme. Chez les rongeurs adultes, la substance que contiennent ces cavités est molle, gélatiniforme, très-transparente, rendue grisâtre par de petits grains grisâtres apercevables à l'œil nu et formés par autant de cellules. Ceux-ci présentent les mêmes formes et les mêmes dispositions fondamentales que dans l'homme, et les cellules également ; elles contiennent des gouttes incolores ou rosées très-nettes qui distendent les cellules et les rendent méconnaissables. Ces dernières sont très-granuleuses généralement, mais leurs granulations sont grisâtres ou plus pâles ; elles renferment aussi des granules graisseux, mais d'un jaune d'ambre clair et pâle.

Lorsque la putréfaction des tissus qui entourent la colonne vertébrale commence, les gouttes sarcodiques se multiplient beaucoup dans chaque cellule et suintent en grand nombre autour des amas, dans la substance homogène visqueuse des cavités.

Chez le chien, les particularités relatives à l'évolution des cavités intervertébrales sont au fond les mêmes que celles qui viennent d'être signalées. Les modifications que subissent les cellules sont également très-analogues.

Vers le centre, dans la partie la plus molle et la plus transparente, on trouve dans une substance visqueuse tout à fait homogène des amas arrondis, ovoïdes ou cylindroïdes, formés par la juxtaposition de cellules sphériques ou à peu près (analogues à ceux des fig. 44, 44 *bis*, 45 *bis* et 46, pl. X). Mais ces cellules sont bien plus pâles et moins granuleuses que sur

les autres animaux. Quelques-unes sont finement granuleuses, pleines, les autres renferment en même temps quelques granulations graisseuses, jaunes. Le plus grand nombre présente une cavité avec une paroi distincte, épaisse (pl. XII, fig. 62 *k l*), pleine d'un liquide incolore, granuleux ou non, ou plus souvent de nombreuses gouttes hyalines contiguës ou éparses (*m*). Beaucoup de celles-ci sont comme distendues par ces gouttes et ont une paroi très-mince.

On rencontre en outre parmi ces amas sphériques, ovoïdes, etc., quelques-uns d'entre eux, qui, plus ou moins abondants d'une cavité à l'autre, chez le même animal, sont entourés d'une substance d'aspect muqueux, finement granuleuse, comme on en trouve aussi sur l'homme (pl. XI, fig. 55, *a b c d*). Cette substance y est également pourvue de fines stries concentriques par rapport aux amas; mais la substance même, ses granules et ses stries sont beaucoup plus pâles que dans l'homme. Ces amas sont formés les uns par 2 ou 3 cellules seulement, les autres par des cellules réunies en assez grand nombre pour qu'on ne puisse les compter; le diamètre de ces amas atteint et dépasse souvent $\frac{1}{10}$ de millimètre. Ces cellules immédiatement contiguës, plus pâles et moins granuleuses que sur l'homme, sont creusées de vacuoles pleines d'un liquide clair, légèrement jaunâtre, à contour net, généralement sphériques, contiguës ou non et de dimensions diverses. On observe aussi dans la substance finement striée qui entoure ces amas quelques gouttelettes allongées, analogues à celles qui existent souvent aussi dans l'embryon humain, mais plus petites.

En approchant de la périphérie de chaque cavité, non-seulement on y voit les cellules plus cohérentes, de telle

sorte que leur contour n'est plus distinct, mais elles sont en même temps comme plissées et chiffonnées, bien que toujours creusées de nombreuses petites vacuoles sphériques, pleines d'un liquide jaunâtre, pâle.

Là les cellules sont disposées sur une ou plusieurs rangées en séries étroites (comme on le voit aussi chez les autres mammifères; voyez fig. 45). Ces séries de cellules circonscrivent des espaces polygonaux ou plus souvent sphériques ou ovoïdes, pleins de substance visqueuse hyaline. Lorsque la préparation est épaisse, ces traînées de cellules en passant l'une sur l'autre et s'entre-croisant en divers sens donnent à celle-là un aspect aréolaire, souvent élégant. Dans les cellules disposées ainsi en séries plus ou moins épaisses, ces éléments sont comme étirés, allongés, plissés dans le sens de leur longueur. De plus, leur noyau est invisible avant l'action de l'eau ou même manque tout à fait.

Entre les cellules ainsi groupées on trouve dans la substance visqueuse hyaline qui leur est interposée des cellules irrégulières, finement granuleuses, grisâtres, analogues à celles qu'on voit aussi chez l'homme (pl. IX, fig. 40), mais bien plus pâles. Presque toutes sont creusées de nombreuses petites vacuoles sphériques, contiguës ou à peu près, qui leur donnent un aspect aréolaire élégant et curieux, variable d'une cellule à l'autre, et dont il serait trop long de décrire toutes les variétés.

Les cellules ainsi groupées sont contiguës à la paroi même des cavités intervertébrales, représentées par du fibro-cartilage à substance fondamentale finement striée et finement grenue, contenant de grands amas de cellules dans de larges chondroplastes à contour pâle.

Sur les chiens adultes, le contenu des cavités intervertébrales devient opalin, pulpeux, avec la consistance et un peu l'aspect de l'empois; et il se laisse facilement dissocier, par la dilacération. La cavité qui le contient est aplatie, large, limitée par un anneau fibreux peu épais relativement à ce qu'on observe dans les autres mammifères, et n'ayant qu'un petit nombre de prolongements villeux très-courts.

Du côté des vertèbres, la cavité n'est séparée de l'os que par une mince couche de cartilage, qui laisse voir, par demi-transparence, la couleur rougeâtre de l'os. Ce cartilage est mou, friable, facile à réduire en pulpe. Sa substance fondamentale est grisâtre; les chondroplastes sont très-rapprochés les unes des autres et pleins de cellules à contour net et foncé, se comprimant réciproquement.

## TROISIÈME PARTIE.

### DESCRIPTION ANATOMIQUE DES CELLULES DE LA NOTOCORDE.

---

*Synonymie.* — Cellules de la chorde dorsale ou corde dorsale (*chorda dorsalis* de Baer), du corps vitré ou cordon gélatineux de la corde dorsale (1). Globules de la corde dorsale (2). Cellules de la corde dorsale ou vertébrale (3). Cellules de la substance des disques intervertébraux (4).

---

(1) J. Muller. *Vergleichende Anatomie der Myxinoïden.* Erster Theil. Berlin, 1835, in-4°, p. 76.

(2) Valentin. *Lehrbuch der Entwickelungs-Geschichte der Menschen.* Berlin, 1835, in-8°, p. 157.

(3) *Schwann-Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung inder Structur und Wachsthume der Thiere und der Pfhanzen.* Berlin, 1838, in-8°, p. 11, et Bischoff : Traité du développement de l'homme et des mammifères, Paris, 1843 ; traduit par Jourdan, p. 379.

(4) Tood et Bowman. *Physiological anatomy.* London, 1845, in-8°, 1re livraison, p. 95, fig. 17. *cf.*

Cellules de la substance vitrée des disques intervertébraux (1). Cellules de la notocorde; de νοτος dos et χορδη corde (2). Cellules propres de la substance gélatineuse des disques intervertébraux (3).

*Description.* — On donne le nom de *cellules de la notocorde* à des cellules polyédriques par pression réciproque, finement granuleuses, rendues globuleuses, plus grosses qu'elles n'étaient et tout à fait hyalines par l'action de l'eau, formant un cordon celluleux dans l'axe de la tache embryonnaire au centre du rachis et de la base du crâne chez l'embryon et constituant plus tard une partie du contenu des cavités intervertébrales.

Ces cellules commencent à se montrer lorsque l'embryon des mammifères atteint une longueur de 2 à 3 millimètres. A compter de cette époque on les retrouve pendant une partie de la durée de la vie qui est différente suivant les espèces animales. Chez les chiens et les lapins les plus âgés, elles existent encore, de même que sur les poissons et quelques reptiles, dans les cavités des disques intervertébraux. Sur l'homme elles disparaissent pendant le cours de l'âge adulte; chez les ruminants elles disparaissent avant la fin de la première moitié de la vie intra-utérine. Il en est de même dans le cheval. Ainsi on voit que l'âge des animaux sur lesquels on veut les étudier mérite d'être pris en considération.

---

(1) Donders. *Beitraege hollandische zu den anatomischen physiologischen Wissenschaften.* Utrecht, 1847, in-8°, t. I, p. 164.

(2) Richard Owen. Principes d'ostéologie comparée, Paris, 1855, in-8°, p. 181.

(3) Ch. Robin. Dictionnaire de médecine, 10e édition, par Littré et Robin. Paris, 1854-1855, in-8°, p. 448.

Les cellules de la corde dorsale sont en voie d'évolution incessante, d'accroissement et bientôt d'atrophie, depuis l'époque de leur apparition jusqu'à l'âge adulte, mais surtout depuis le moment où commence l'ossification des vertèbres. Les modifications qu'elles subissent sont telles qu'on ne reconnaîtrait point dans les cellules de l'adulte les éléments observés sur le fœtus si on n'avait suivi les phases de leur développement.

Dans les embryons humains, longs de 5 à 20 millimètres, les cellules qui par leur juxtaposition immédiate forment le cordon celluleux un peu flexueux et intestiniforme de la notocorde, sont régulièrement polyédriques (pl. IX, fig. 36, *c*, *d*, *e*, et fig. 37 et 38 *a*, *d*). Elles sont larges de 12 à 15 millièmes de millimètre. Elle conservent cette forme même à la surface du cordon celluleux, bien que celui-ci ne remplisse pas sa gaîne et soit mobile dans le liquide visqueux interposé à celle-ci et au cordon. Ces cellules sont grisâtres, avec des parties plus foncées que les autres, en raison du peu d'uniformité que présente à cet âge la distribution des granulations qu'elles renferment. Elles deviennent uniformément grenues, grisâtres et un peu irrégulières lorsque la préparation qui les contient est faite depuis quelque temps et commence à se dessécher; on peut leur rendre leur premier aspect en ajoutant de l'eau à la préparation et les voir changer de nouveau lorsque celle-ci s'évapore.

Sur les embryons de mouton, elles ont aussi la même forme et le même volume, mais sont uniformément granuleuses et grisâtres. Elles sont juxtaposées d'une manière immédiate. Bien que le cordon qu'elles forment soit flottant dans la cavité de la gaîne de la notocorde et ne soit pas

appliqué contre sa face interne, les cellules de la surface de ce cordon ne font pas saillie dans leur portion superficielle libre, et les contours de ce dernier sont réguliers et non dentelés ni onduleux.

Cette uniformité et cette régularité de forme et de volume ne se conservent dans ces cellules qu'autant que la notocorde reste à l'état de cordon celluleux continu. Mais celles qui persistent et se multiplient dans la cavité intervertébrale, offrent des différences parfois très-grandes de figure et de dimensions, surtout lorsqu'elles sont libres ou occupent la surface des amas qu'elles concourent à former (voy. pl. XI, fig. 53). On sait en effet qu'une fois le cartilage du corps des vertèbres formé autour de la notocorde, celle-ci se dilate au centre du disque intervertébral et y produit une cavité qui s'agrandit peu à peu pour s'atrophier plus tard. Tant qu'elle existe, et surtout à partir de l'époque de l'ossification du corps des vertèbres, les cellules ne constituent plus un cordon, mais se dissocient en groupes de diverses formes flottant dans la matière gélatineuse demi-liquide des cavités intervertébrales et composés de cellules adhérentes ensemble, juxtaposées, sans enveloppe spéciale, décrits précédemment.

Dans les embryons de lapin longs de 20 à 24 millimètres, les cellules qu'on fait sortir des cavités intervertébrales, déjà formées (tant des plus petites entre les vertèbres coccygiennes, que des plus grandes dilatations des lombes), sont réunies en amas pour la plupart. Il y en a peu qui soient isolées.

Leur diamètre est de 12 à 15 millièmes de millimètre sur le plus grand nombre des mammifères. Quelques-unes, surtout parmi celles qui sont isolées, atteignent 18 et 20 millièmes de millimètre. Au milieu des amas, elles sont polyé-

driques par pression réciproque ; celles de la périphérie sont polyédriques, à angles arrondis ou assez régulièrement globuleuses et ovoïdes. La plupart de celles qui sont libres ou de celles qui se trouvent aux extrémités des amas ont une forme polyédrique (pl. XI, fig. 58, *l*) plus ou moins régulière. Ce sont souvent aussi les plus grandes. Dès que la préparation commence à se dessécher, les cellules qui sont libres s'aplatissent, deviennent deux et même trois fois plus larges qu'elles n'étaient, plus irrégulières et anguleuses (pl. IX, fig. 40, *a, b, c, d, e, f, g, h*, et fig. 58, *m*). Leur noyau s'aplatit et s'élargit en même temps que le corps de la cellule. Toutes ces cellules ont une teinte uniformément grisâtre, qui tranche sur la transparence absolue du liquide visqueux assez tenace au milieu duquel elles sont plongées. Cette teinte et l'état finement granuleux sont plus prononcés sur les embryons morts depuis plusieurs heures que sur ceux qui sont encore très-frais.

Dans la partie périphérique des cavités intervertébrales, où les cellules sont disposées en couches continues, ces dernières sont souvent polyédriques par pression réciproque et disposées les unes par rapport aux autres comme le seraient des cellules épithéliales. Mises en liberté, beaucoup conservent la forme qu'elles avaient dans les amas. On en trouve alors qui sont triangulaires ou pyramidales, car leur épaisseur égale à peu près leur largeur. D'autres sont polyédriques, à angles arrondis, à bords droits ou concaves, convexes ailleurs, parfois comme un peu dentelées. Il en est qui présentent un prolongement effilé en pointe ou tronqué sur un ou plusieurs de leurs angles (fig. 58, *n*).

Du reste, les cellules isolées ou réunies offrent en outre

une configuration, une teinte et un aspect général assez différent de l'une à l'autre, selon qu'il s'est déjà produit ou non dans leur intérieur des gouttes homogènes limpides, rosées ou jaunâtres, dont il a déjà été question et dont l'apparence extérieure tranche sur l'état finement grenu et grisâtre du reste de l'élément (pl. IX, fig. 40 et 41).

*Réactions et structure des cellules de la notocorde.* — L'eau gonfle les cellules de la notocorde à toutes les périodes de leur existence; elle gonfle pourtant moins celles du chien adulte que celles des autres espèces animales. Son action est assez rapide; elle les rend globuleuses, sphériques ou ovoïdes; elle en double presque le volume (pl. XI, fig. 57). Elle leur fait perdre leur aspect grisâtre et les rend tout à fait incolores, transparentes, à contour très-régulier. Elles diffèrent alors considérablement de ce qu'elles sont en réalité à l'état normal, lorsqu'on prépare la notocorde de l'embryon à l'aide du serum sanguin, ou lorsque dans les cavités intervertébrales on les observe au sein même du liquide visqueux qui les accompagne. C'est sous cet état de gonflement par l'action de l'eau qu'elles ont toujours été décrites et figurées chez les mammifères. Tant qu'elles forment encore un cordon celluleux, contenu dans sa gaîne hyaline, on peut les voir se gonfler et reprendre ensuite leur aspect grenu, leur forme et leurs dimensions, plusieurs fois de suite lorsque l'eau est évaporée et qu'on vient à en ajouter de nouveau.

L'acide acétique rend les cellules plus petites, plus foncées, plus granuleuses, et leurs bords plus irréguliers; il les plisse, les ratatine, resserre un peu leur noyau, qui auparavant offrait un diamètre de $0^{mm},007$ à $0^{mm},009$.

Chaque cellule se compose d'un corps ou masse de cellules

finement granuleux, à granulations grisâtres de volume égal, un peu plus abondantes vers le centre qu'à la périphérie. La plupart des cellules renferment un noyau ; mais il en est cependant beaucoup qui en manquent, et plus chez certains sujets que sur les autres. Celui-ci est ovoïde sur la plupart, sphérique dans quelques-unes, large de $0^{mm},007$ à $0^{mm},009$, à bords nets assez foncés. Il manque de nucléole dans la plupart des embryons ; il en présente pourtant sur quelques noyaux chez quelques-uns d'entre eux. On trouve aussi des sujets dans lesquels le noyau de toutes les cellules ou de presque toutes est sphérique ; mais le plus souvent il est ovoïde. Il n'est pas rare de trouver des cellules pourvues de deux noyaux, ordinairement rapprochés l'un de l'autre (fig. 53, *a*, *a*).

La présence d'un nucléole est l'exception ; d'un sujet à l'autre d'une même espèce animale, on le voit exister ou manquer, quel que soit son âge, et il est rare d'en trouver dans tous les noyaux.

L'eau gonfle le noyau comme le corps de la cellule, mais plus lentement ; elle le rend sphérique, clair, vésiculeux, chez les sujets de tout âge, mais davantage sur ceux dont la mort est arrivée depuis peu que dans ceux dont la mort date de quarante-huit heures ou de plusieurs jours. Outre les noyaux inclus dans les cellules, on en trouve toujours quelques-uns qui sont libres, et d'autres qui adhérent à la surface des groupes que forment celles-ci (pl. XI, fig. 57, *a*).

L'action de l'eau sur les cellules comme sur leurs noyaux se fait sentir bien plus vite sur les cellules placées à la périphérie des amas que forment celles-ci que sur celles qui sont placées au centre. Souvent les premières sont déjà devenues vésicu-

leuses, sphériques ou allongées, claires, lorsque les autres n'ont encore subi aucun changement notable (pl. XI, fig. 53, *c d*). Il est des cellules qui, en se gonflant au contact de l'eau, ne deviennent pas vésiculeuses, mais s'allongent en cône plus ou moins régulier, parfois dans le même sens, en prenant une disposition très-élégante (pl. X, fig. 47, *e*). On trouve du reste, bien que rarement, des sujets chez lesquels cette disposition, ainsi que l'absence de granulations dans ces cellules qui se sont allongées, se montre avant l'action de l'eau, soit qu'elle existe naturellement, soit qu'elle résulte d'un commencement d'altération cadavérique. Sur beaucoup de cellules, à partir du huitième mois de la vie intra-utérine environ, le noyau est un peu irrégulier, comme flétri, plus petit alors que les autres, dès l'instant où on fait la préparation, ou le devient peu à peu lorsque celle-ci est examinée pendant longtemps.

La glycérine resserre un peu les cellules et détermine l'issue par exsudation ou suintement de toutes les gouttes de substance sarcodique qu'elles renferment; cette substance flotte alors en grande quantité dans le liquide de la préparation, mais réduite en gouttelettes rosées, plus petites qu'elles n'étaient dans la cellule. Après l'action de la glycérine, les noyaux deviennent bien plus distincts dans les cellules, et celles-ci montrent mieux aussi leurs contours dans les amas où elles étaient cohérentes.

Tant que la notocorde est encore contenue dans sa gaîne hyaline, les fines granulations des cellules sont ordinairement distribuées d'une manière inégale dans leur épaisseur. Éparses (fig. 7) et rares dans la plus grande partie de leur corps, elles sont accumulées en petits amas irréguliers, allongés ou

polyédriques, soit sur un ou plusieurs points de leur circonférence, soit près du noyau. Sur le chien, cette disposition se conserve jusqu'à l'âge adulte ; seulement, c'est près du noyau qu'elles forment habituellement des amas à contours diffus, nuageux (pl. XII, fig. 62).

Un fait qu'il importe de signaler, c'est que, d'un sujet à l'autre d'une même espèce animale, le nombre des granulations moléculaires grisâtres varie beaucoup ; alors les cellules individuellement, mais plus encore les amas ou séries qu'elles forment, sont plus ou moins foncés ou transparents. D'un sujet à l'autre aussi, on voit les cellules pourvues ou dépourvues de granulations foncées, plus grosses que celles dont il vient d'être question, atteignant ou dépassant un peu 1 millième de millimètre. Ces granulations sont foncées, à contour noirâtre, à centre brillant jaunâtre, réfractant fortement la lumière, comme les corps gras, dont elles ont aussi les réactions. Ces granules ne sont pas en nombre égal dans tous les amas d'une même cavité intervertébrale, et, sur un même amas, elles ne sont pas non plus en nombre égal dans toutes les cellules. Celles du centre en possèdent souvent plus que celles de la périphérie. Elles peuvent être assez nombreuses pour masquer en partie ou tout à fait le noyau ou pour rendre presque opaques les amas qui constituent les cellules qui les renferment.

Ces granulations sont tantôt uniformément distribuées dans chaque cellule, et tantôt elles sont plus nombreuses autour du noyau ou sur un de ses côtés qu'ailleurs. Lorsque l'eau gonfle les cellules et fait disparaître les granulations grisâtres (fig. 57, *e*), les granulations graisseuses dont il s'agit ne changent pas d'aspect ; seulement, d'immo-

biles qu'elles étaient, elles deviennent peu à peu douées d'un mouvement brownien très-vif. Souvent aussi elles se rassemblent alors presque toutes autour du noyau; celui-ci est lui-même plus ou moins gonflé par l'eau et ses granulations grisâtres sont déjà dissoutes ou non par ce liquide. Lorsque les cellules contenant ou non de ces granulations se trouvent plongées depuis longtemps dans une grande quantité d'eau, elles finissent par se crever, leur contenu s'échappe, y compris quelquefois le noyau. Ce dernier se plisse et se déforme, mais non toujours, tandis que l'enveloppe des cellules revient sur elle-même, se flétrit et reprend un aspect légèrement granuleux (1).

*Modifications évolutives des cellules de la notocorde.* — La particularité la plus importante à noter à propos des cellules, parce que c'est elle qui influe le plus sur leur forme et sur leur volume, c'est la production dans leur intérieur des vacuoles. Celles-ci sont transparentes, arrondies généralement, parfois ovoïdes ou allongées, à contour pâle, très-net, très-régulier. Elles sont remplies d'un liquide sarcodi-

---

(1) C'est à tort que Luschka considère le noyau des cellules comme manquant le plus souvent; ce sont les gouttes sarcodiques qui le masquent, ainsi qu'on s'en assure en faisant agir l'eau sur les cellules. Il indique la présence dans ces dernières d'une grosse ou de plusieurs petites gouttelettes bien limitées à côté d'une masse finement granuleuse. Il ne décrit pas le mode ni les conditions de leur formation. Il les considère comme le résultat d'une liquéfaction ou d'une homogénisation partielle du contenu cellulaire, et le contenu liquéfié comme démontrant en quelque sorte le produit de la faculté secrétoire des cellules. Il signale sur les nouveaux-nés des gouttes libres d'aspect albumineux et il a vu des gouttes hyalines sortir des cellules et se dissoudre par l'eau. (Luschka. *Die Halbengelenke.* Berlin, 1858, in-4°, p. 51-52.)

que, clair, limpide, de teinte légèrement rosée ou jaunâtre.

Hors du cas d'altération cadavérique, ces vacuoles ne se montrent pas sur les cellules tant qu'elles forment un cordon celluleux encore contenu dans son enveloppe hyaline; elles ne subissent ces changements que lorsque l'enveloppe s'est dilatée en cavités intervertébrales et lorsque le cordon celluleux s'est dissocié en amas ou groupes arrondis, etc.; parfois même ce n'est pas avant le deuxième ou le troisième mois de la vie intra-utérine, que les cellules offrent ces modifications. Il est un grand nombre des groupes de cellules dans lesquels aucune de celles-ci ne renferme de vacuoles (pl. XI, fig. 52 et 54). Mais on en voit se former sous les yeux de l'observateur ordinairement plusieurs très-petites, dans les cellules des préparations faites depuis un certain temps. Elles changent peu à peu de dimension en s'agrandissant, et parfois de forme lorsqu'elles viennent à se toucher; elles se multiplient à mesure que le temps avance. Dans les cellules des sujets morts depuis peu qui en renferment normalement, on voit aussi s'en produire d'autres plus petites à côté des premières quand la préparation vieillit, et elles sont multiples.

Les rares cellules qui ont de ces vacuoles dans les très-jeunes sujets (fig. 5, *ijk*) n'en ont qu'une en général et d'autant plus petite qu'ils sont plus jeunes (comparez fig. 5, *ijk* à fig. 1, *abcd*). L'agrandissement des vacuoles entraîne presque toujours une augmentation à peu près proportionnelle du diamètre des cellules et parfois une déformation. Il résulte de là que, lorsque ces vacuoles vont en augmentant de nombre et de volume avec l'âge, elles donnent aux cellules en particulier un aspect tout différent de celui

qu'elles avaient auparavant et plus encore aux groupes qu'elles forment. Il devient impossible dans ceux-ci de distinguer les lignes de contact et de démarcation des cellules dès l'époque de la naissance ou peu après, même à la circonférence de ces groupes. Le contenu des vacuoles restées régulières ou déformées par suite de la pression des cellules paraît composer tout l'amas, et, sur les sujets de quatorze ans ou au-dessus, c'est à peine si l'on peut apercevoir çà et là quelques noyaux dans les traînées grisâtres que semble constituer la portion du corps des cellules comprimées que les vacuoles n'ont pas envahie (pl. XI, fig. 56, *abc*); car, passé l'âge de six ou huit ans, il est rare de trouver quelques cellules dépourvues de vacuoles.

Pourtant, à cet âge avancé, sur les cellules isolées, globuleuses (pl. XII, fig. 59, *defg*), distendues par les vacuoles, on retrouve encore assez facilement le noyau ovoïde, grisâtre, finement granuleux, tandis que le corps de la cellule est à peine grenu entre les vacuoles (*h*), ne renferme même plus de granulations grisâtres (*d e*), ou ne contient que quelques granulations graisseuses près du noyau (*fg*). Tantôt ces vacuoles sont de même volume à peu près, grosses ou petites (*fg h*), tantôt il y en a une ou plusieurs grandes avec d'autres plus petites (*de*) dans des cellules sphériques, ovoïdes ou polyédriques (pl. IX, fig. 40).

On ne voit jamais sur aucun animal de cellule contenue dans une autre cellule de la notocorde ; ce sont ces gouttes sarcodiques, sans aucun doute, qui ont été prises pour des cellules incluses dans d'autres cellules, bien qu'il soit facile par l'action de l'eau, etc., d'en déterminer la véritable nature. Ce sont elles aussi qui, par suite de cette fausse inter-

prétation, ont fait admettre une génération endogène dans ces éléments, mais à tort, car ce phénomène ne s'y observe jamais.

Un fait important à noter, c'est que le contenu des vacuoles augmente de densité avec l'âge, à partir de l'époque de la naissance. Très-fluide à cette époque, il n'est que demi-liquide quelques années après la naissance, et devient demi-solide dans les gouttes semblables aux précédentes qu'on trouve libres dans la matière gélatiniforme des disques intervertébraux, par suite du phénomène d'exsudation des cellules dont il me reste à parler. Les cellules libres, comme celles qui sont réunies en groupe, laissent en effet exsuder naturellement des gouttes de matière sarcodique rosée ou jaunâtre, semblable à celle qui remplit les vacuoles. On trouve ces gouttes arrondies, ovoïdes, allongées, ou en forme de larmes bataviques, etc., soit entre les cellules des groupes, soit dans la matière finement striée et d'aspect muqueux qui les entoure (pl. XII, fig. 59 *a b c*), soit autour des cellules isolées (*d e f g*), et cela sur les sujets les plus frais. Ces gouttes forment parfois autour des éléments une ou plusieurs couches régulières ou irrégulières, par la disposition ou par le volume des gouttes (*d f g*). Lors même que ces gouttes ne se touchent pas à l'extérieur de la cellule (*e*), elles sont entraînées avec elle lorsque celle-ci roule; mais alors ces gouttelettes se séparent et s'isolent facilement les unes des autres. L'acide acétique rend finement grenues les gouttes sarcodiques.

Cette espèce d'exsudation ou de suintement normal et graduel du contenu des vacuoles, dont se creusent peu à peu les cellules, s'opérant de manière à verser celui-ci dans le liquide gélatineux où sont plongées les cellules, semble

s'opérer lentement et ne peut être suivi pas à pas. Le mécanisme ne paraît pas cependant être différent de celui d'après lequel sortent les gouttes de ce même contenu sous l'influence de l'eau. Lorsqu'on soumet les cellules contenant des gouttes sarcodiques, pendant une demi-heure ou plus, à l'action d'une quantité d'eau relativement considérable, les cellules se gonflent et la teinte rosée ou jaunâtre des gouttes pâlit notablement (pl. XI, fig. 53, *bcdef*). Pourtant, à part cela, elles ne changent pas beaucoup d'aspect; mais, à mesure que l'action de l'eau se prolonge, on voit suinter de la surface des cellules de petites gouttes pâles, qui grossissent peu à peu, se détachent, puis sont remplacées par d'autres. Plus les cellules se gonflent, plus les gouttes se multiplient, plus aussi les vacuoles pâlissent; elles finissent même par disparaître tout à fait (fig. 57); l'eau donne alors aux cellules et à leur noyau l'état vésiculeux et la transparence dont j'ai parlé précédemment. Les gouttes qui suintent ou exsudent de la sorte sous l'influence de l'eau restent autour des cellules ou des amas que forment celles-ci comme une pluie de gouttelettes, et roulent avec elles lorsque quelque courant entraîne les premières entre les lames de verre de la préparation (fig. 57, *cd*). Peu à peu les cellules distendues se crèvent et laissent alors une masse transparente, presque amorphe, finement granuleuse. Il y en a qui se crèvent lorsqu'elles renferment encore des gouttes sarcodiques, celles-ci s'échappent en entraînant et enveloppant parfois le noyau; d'autres gouttes plus petites ne sont pas plus grosses que le noyau lui-même, et sont entourées par les plus grandes.

Lorsque ces cellules, pourvues ou non de vacuoles, sont préparées depuis quelque temps, sans avoir été mises au

contact de l'eau, et surtout chez les jeunes sujets, on les voit s'altérer d'une manière spéciale. Sur un point de leur périphérie se produit une expansion sarcodique, sous forme de gonflement, ou de saillie arrondie ou allongée, transparente, très-pâle, homogène sans granulations. Elle s'allonge peu à peu sous les yeux de l'observateur, s'arrondit le plus souvent (fig. 51, *ac*) ou s'effile en pointe (*ef*); bientôt, à mesure qu'elle grossit, cette expansion sarcodique se rétrécit et s'étrangle au niveau des adhérences à la cellule, puis se détache et devient libre sous forme de goutte sphérique ou ovoïde. Une même cellule laisse échapper ainsi successivement un certain nombre de gouttes sarcodiques, et peu à peu diminue de volume consécutivement à cette déperdition graduelle de substance; elle se flétrit, se plisse, devient irrégulière, plus ou moins aplatie (fig. 58, *a b d*) par suite de cette espèce de suintement de sa substance même à la surface, à mesure qu'elle s'altère. On voit parfois aussi le noyau des cellules passer lui-même de leur corps dans une goutte sarcodique, pendant que celle-ci adhère encore à la cellule; elle le perd aussi lorsque la goutte se sépare et devient libre.

Lorsque ce suintement a cessé parce que le contenu des vacuoles est entièrement sorti, les cellules restent plissées, irrégulières, plus petites qu'elles n'étaient et finement granuleuses, les unes libres (fig. 58, *abcd*), les autres en ames.

Les gouttes qu'elles ont laissées suinter ou exsuder à leur surface ont des dimensions très-variées; beaucoup ont 5 ou 6 millièmes de millimètre seulement, la plupart ont 10 à 20 millièmes, d'autres atteignent jusqu'à 30 millièmes. Elles sont sphériques ou ovoïdes, libres ou adhérentes ensemble, et alors elles sont parfois polyédriques par pression réci-

proque, au moins au niveau des points de contact (fig. 51, *h*, *i*). Elles sont transparentes, réfractent très-faiblement la lumière, ont leur bord net, très-pâle et très-délié. Celles, pendant la formation desquelles le noyau s'est échappé de la cellule, contiennent celui-ci (*g*) et simuleraient assez une cellule, si elles ne se déformaient au contact du moindre obstacle, lorsque quelque courant du liquide de la préparation les entraîne. A la longue, les gouttes sarcodiques ainsi formées se détruisent par liquéfaction ou diffluence et disparaissent tout à coup. Il en est parfois qui, dans les mouvements du liquide de la préparation, perdent le noyau qu'elles avaient englobé, avant même de se liquéfier.

Lorsque, pendant la durée de ces phénomènes, la préparation a commencé à se dessécher, les noyaux libres ou contenus dans les cellules se plissent et se déforment.

*Des cellules de la notocorde dans quelques espèces de mammifères.* — Les cellules des dilatations intervertébrales de la notocorde se retrouvent sur les fœtus de vache jusqu'au quatrième ou au cinquième mois de la vie intra-utérine, avec les mêmes caractères que chez l'homme. Toutefois elles y sont un peu plus petites, plus régulièrement polyédriques, se gonflent plus lentement par l'action de l'eau et contiennent des granulations graisseuses en plus grand nombre.

Dans le lapin, les cellules offrent pendant la vie embryonnaire les mêmes phases d'évolution que chez l'homme. En avançant en âge, elles se remplissent de gouttes sarcodiques rosées très-nettes, de la même manière que sur celui-ci. Elles sont plus granuleuses, mais leurs granulations sont plus pâles, plus transparentes; elles renferment plus de gra-

nulations graisseuses, mais celles-ci ont une teinte d'un jaune d'ambre plus clair.

L'eau agit sur elles comme sur celles de l'homme; une fois gonflées, beaucoup éclatent, se plissent, deviennent alors irrégulières, finement granuleuses, et sans noyau, ni granulations graisseuses, parce que ceux-ci se sont échappés lors de la rupture; en même temps elles s'aplatissent, et, vues de côté, elles ressemblent alors à des cellules épithéliales plissées vues de la même manière.

Chez le chien, les cellules sont immédiatement contiguës les unes aux autres, mais peu adhérentes ensemble, sphériques ou ovoïdes, à peine déformées par pression réciproque, rarement au point de devenir polyédriques (pl. XII, fig. 62). Elles sont grandes, ont en moyenne 30 à 35 millièmes de millimètre, mais il en est qui n'ont que 25 millièmes et d'autres qui atteignent 40 millièmes. La séparation des cellules les unes des autres en déchire un assez grand nombre sur un ou deux des points par lesquels elles sont contiguës de manière à les percer sur le côté ou de part en part; d'autres fois elles sont déchirées par le milieu; elle en plisse un assez grand nombre (*g*), et souvent les rend alors irrégulières, comme chiffonnées, et alors elles sont beaucoup plus petites que les autres.

Ces cellules sont gonflées lentement par l'action de l'eau, qui les rend plus transparentes et un peu plus grosses. Dans l'acide acétique toutes deviennent finement et uniformément granuleuses et grisâtres; elles doublent presque de volume en conservant leur forme, mais en devenant toutefois un peu plus polyédriques, ce qui leur donne l'aspect général qu'elles ont dans les poissons, sans être cependant aussi grandes.

La glycérine les pâlit beaucoup et les rend très-transparentes, sans en changer notablement le volume. Presque toutes ces cellules ont une paroi épaisse de 1 à 2 millièmes de millimètre et quelquefois plus; la face interne de cette paroi est indiquée par une ligne pâle parallèle au contour extérieur. L'écartement de ces deux lignes laisse mesurer facilement l'epaisseur de la paroi (pl. XII, fig. 62, *a, b, c, d*). Celle-ci est homogène, transparente, souvent marquée de fines stries circulaires surtout sur les plus grosses et parfois elle est très-finement grenue. On trouve cependant quelques cellules dont la paroi est si mince que la ligne qui marque sa face interne n'est pas visible. Ce sont surtout celles-là qui se plissent facilement, et elles sont généralement dépourvues de noyau.

Les autres ont, à quelques exceptions près (fig. 62), un ou deux noyaux (*abcdefk*) petits, ovoïdes ou un peu polyédriques, homogènes et sans nucléole. Le noyau de ces cellules, tant qu'il n'est pas gonflé par l'eau, n'a pas plus de 5 à 7 millièmes de millimètre. L'eau le gonfle et le rend sphérique (*l*).

La plupart des cellules renferment un liquide dense et de fines granulations disposées en amas irréguliers, près du noyau ou contre la paroi de la cellule (*abcde*) et quelques autres très-fines, éparses. Quelques-unes contiennent de rares granulations graisseuses, jaunâtres, éparses dans la cavité de la cellule (*kl*); celles-ci sont douées du mouvement brownien après que les cellules ont été gonflées par l'eau.

Il n'y a qu'un petit nombre de cellules de la notocorde du chien dans lesquelles se produisent des gouttes sarcodiques,

soit au nombre de une ou deux séparées l'une de l'autre, soit en nombre plus considérable. Elles remplissent alors la cellule, la distendent et rendent le noyau invisible (*m*).

Le mode de naissance des cellules de la notocorde a été indiquée au commencement de ce travail; elles apparaissent dans l'axe de la tache germinative au milieu des cellules qui forment cette portion du blastoderme. Elles ne sont point une transformation directe de cellules du blastoderme qui auraient été séparées des autres sous forme de cordon cylindrique, par la production de la paroi propre qui entoure ce cordon. Elles naissent par genèse en même temps que la gaîne propre de la notocorde.

Sur les cellules déjà nées on peut, à l'extrémité de la notocorde, pendant qu'elle s'allonge, suivre les phases de leur segmentation par scission ou division en deux. On l'observe plus facilement encore dans les fœtus de trois ou quatre mois environ sur les cellules réunies en groupes arrondis, ovoïdes, intestiniformes, etc., flottant dans les cavités intervertébrales et qui augmentent graduellement de volume. On suit également parfois les phénomènes de cette segmentation sur les cellules isolées qui flottent avec les groupes ci-dessus.

Là on peut voir certaines de ces cellules isolées ou quelqu'une de celles des groupes, qui devenues plus grandes que les autres, présentent un sillon grisâtre, pâle qui les traverse dans une direction telle qu'il est impossible d'admettre qu'il s'agit là d'une juxtaposition de deux cellules distinctes. En outre ce sillon est bien plus pâle que celui qui résulte de l'accolement de deux cellules différentes. Presque toujours une des deux cellules qui résulte de cette division est

plus petite que l'autre; tantôt elle manque de noyau, celui-ci n'existant pas encore et devant naître plus tard, tantôt ce sillon s'est produit dans une cellule à deux noyaux entre ceux-ci.

Les conditions particulières de nutrition qui déterminent la production des gouttes sarcodiques incolores ou rosées dans la substance des cellules ne sont pas encore assez connues pour qu'on puisse les préciser. Toute cette partie de la physiologie de ces éléments reste encore à faire comme pour un grand nombre d'entre eux.

Le rôle particulier qu'elles remplissent, est également indéterminé en dehors des faits signalés plus haut touchant les usages de la notocorde elle-même.

# EXPLICATION DES PLANCHES [1].

## PLANCHE I.

### **Notocorde de l'homme, du rat et du mouton.**

Fig. 1. — Embryon humain long de 6 millimètres donné par M. Manceau, comprimé et aplati afin de montrer la notocorde dans toute son étendue, devenue flexueuse par accident de la préparation.

Il n'existait pas encore de trace des vertèbres.

*a.* Extrémité antérieure renflée de la notocorde.

*b.* Son extrémité postérieure.

*c.* Œil.

Fig. 2. Embryon de surmulot (*Mus decumanus,* Pallas), long de 14 millimètres, grossi 12 fois, un peu déformé par la compression subie entre 2 lames de verre, après avoir vidé les cellules cérébrales et l'abdomen.

*a.* Traces de la masse cartilagineuse du corps du sphénoïde.

*b.* Yeux.

*c.* Vésicule auditive.

*d, e.* Masse cartilagineuse de l'apophyse basilaire traversée par l'extrémité antérieure de la notocorde.

*e, f.* Reste de l'étendue de la notocorde traversant tous les corps verté-

---

(1) Le grossissement employé pour l'exécution des figures est noté à côté de chacune d'elles sur les planches.

braux, à l'exception de l'atlas, et ne présentant encore aucune trace de dilatation intervertébrale.

*f.* Extrémité postérieure de la notocorde s'arrêtant au niveau de la face postérieure de la dernière pièce coccygienne ou caudale. Les rudiments des autres pièces cartilagineuses squelettiques, n'ont pas été figurés.

*g.* Vertèbres sacrées.

Fig. 3. — Elle représente une portion de l'occipital et du sphénoïde avec les cinq premières vertèbres cervicales d'un embryon de mouton (*Capra aries*, Fischer) long de 20 millimètres depuis le front jusqu'à la racine de la queue.

*a*, *b*. Portion céphalique renflée en massue de la corde dorsale; dans quelques préparations cette extrémité flotte et s'infléchit après qu'elle est devenue libre par déchirure du cartilage basilaire. On distingue nettement sa gaîne et le cordon ou filament grisâtre intestiniforme que les cellules constituent dans la cavité de celle-ci. Le cartilage offre deux portions à contour vague et diffus, sous forme de taches foncées, près de son articulation avec l'atlas, mais sans ossification.

*b*, *c*. Portion cervicale de la notocorde traversant de part en part le cartilage de l'apophyse odontoïde (*f*. *g*.), puis du corps de l'axis (*e*), des autres vertèbres et les disques interarticulaires. Elle n'offrait pas encore de dilatation très-nette entre ces derniers, mais une sorte d'épaississement fusiforme simulant une tache à contours diffus et foncée se voyait vers le bord inférieur du corps de chaque vertèbre (*c*). Cette disposition de la notocorde se conservait sans interruption jusqu'à la dernière vertèbre coccygienne et existait même au niveau de la jonction du cartilage de l'apophyse odontoïde avec le corps de l'axis (*e*); malgré une adhérence assez intime entre ces deux cartilages, un sillon très-marqué, surtout sur quelques sujets, décèle longtemps encore le plan de leur réunion. Le léger épaississement sous forme de tache foncée (*c*) disparaissait vers la première vertèbre sacrée.

*d*. Cartilage de l'arc antérieur de l'atlas contigu au bord postérieur épais du cartilage de l'apophyse basilaire. Le cartilage de l'atlas n'est pas traversé par la notocorde.

Les apophyses tranverses des vertèbres caudales des ruminants et des rongeurs naissent dans le tissu lamineux ambiant séparément du corps vertébral, comme autant de points cartilagineux distincts et qui se soudent ensuite à ce dernier. A plus forte raison en est-il ainsi des côtes, si ce n'est en ce qui touche la soudure au corps vertébral qui n'a pas lieu pour celles-ci.

## PLANCHE II.

### Notocorde de l'homme et du cochon d'Inde.

Fig. 4. — Mêmes parties que dans la figure précédente, représentées d'après un fœtus humain long de 18 millimètres.

*a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*. Même signification des lettres que dans la figure précédente.

*h*. Artère vertébrale.

*i*. Disque intervertébral.

Fig. 5. — Partie antérieure de la notocorde chez un embryon de cochon d'Inde (*Cavia aperea,* Erxleben. Var. *porcellus*) long de 23 millimètres.

*a*. Corps du sphénoïde dans lequel empiète un peu la partie antérieure renflée de la notocorde.

*a*, *b*. Partie basilaire de l'occipital très-allongée, dépassant en avant les vésicules auditives (*i*) et traversée par la notocorde.

*c*. Parties écailleuses étroites et en forme d'apophyse transverse de l'occipital.

*d*. Atlas derrière l'arc antérieur duquel passe la notocorde.

*e*. Apophyse odontoïde à peine adhérente à l'axis par contiguïté et que sépare la moindre pression.

*f*. L'axis.

*f*, *g*. Les autres vertèbres cervicales : le corps des vertèbres est plan à sa partie antérieure, légèrement convexe sur sa face opposée ; les disques intervertébraux sont minces, formés de noyaux embryoplastiques étroits et de corps fusiformes presque tous disposés dans le sens de la longueur du rachis. A un grossissement de 300 diamètres, on voit qu'il y a une différence très-tranchée entre le tissu du disque et celui du cartilage des corps vertébraux, malgré la contiguïté de leur substance. Ce dernier offre des chondroplastes arrondis ou ovoïdes que le noyau ne remplit plus, et déjà séparés les uns des autres par un intervalle égal au moins à leur propre diamètre. Ils cessent d'une manière nette au niveau du point d'adhérence du cartilage avec le disque. Le tissu de ce dernier présente des noyaux embryoplastiques étroits, allongés, plus petits que les chondroplastes, et des corps fusiformes minces, écartés et réunis à la fois

par une substance homogène non granuleuse plus transparente que celle du cartilage avec laquelle pourtant elle est en contiguïté moléculaire, sans interposition de périoste.

*g.* Premier disque intervertébral dorsal avec un léger renflement de la notocorde. Le cartilage des apophyses transverses et celui des côtes sont moins transparents que le tissu ambiant; on peut observer autour de ces organes un périchondre au moins aussi foncé que le cartilage et formé de corps fusiformes enchevêtrés.

*h.* Autres renflements intervertébraux dorsaux de la notocorde.

## PLANCHE III.

### Notocorde du lapin et du rat.

Fig. 6. — Elle représente les six premières vertèbres cervicales cartilagineuses d'un embryon de lapin (*Lepus cuniculus*, L.) long de 25 millimètres et la partie céphalique renflée en massue de l'extrémité antérieure de la corde vertébrale.

*a*, *b*. Portion céphalique de la notocorde libre par déchirure du cartilage.

*b*. Portion un peu renflée de la corde dorsale telle qu'elle était sur cet embryon entre l'atlas et l'occipital.

*c*. Apophyse odontoïde.

*d*. Base de l'apophyse odontoïde et léger renflement de la notocorde entre elle et le corps de l'axis.

*e*. Partie inférieure ou seconde partie intérieure du corps de l'axis; en *d* entre ces deux portions, au milieu du corps de cette vertèbre, se voit un léger renflement fusiforme de la corde dorsale au niveau de la jonction de la portion odontoïdienne avec la partie axoïdienne proprement dite.

*f*, *f*. Renflements de la corde dorsale dans les disques intervertébraux et couche granuleuse grisâtre, en forme de ménisque formée par les amas de cellules propres à ces renflements.

*g*. Cartilage des masses latérales de l'atlas.

*h*. Masses latérales de l'axis.

*i*, *i*. Masses latérales et arcs rudimentaires des vertèbres suivantes, bien plus petits que ceux des deux premières.

Fig. 7. — Mêmes parties avec les os de la base du crâne, pris sur un embryon de rat (*Mus decumanus*, Pallas) long de 25 millimètres.

État plus avancé de la notocorde, dont les dilatations, relativement plus larges sont plus surbaissées, ce qui leur donne une forme (*f, f*) réellement lenticulaire.

*j, k.* Il n'y avait de points d'ossification que dans toutes les vertèbres dorsales, depuis la deuxième (*j*) jusqu'à la quatrième lombaire.

*m.* Première dorsale au centre de laquelle commençait à se produire une petite tache finement granuleuse, indiquant le prochain début de l'ossification. La douzième présentait une tache semblable. Il n'y avait pas de points d'ossification dans les vertèbres cervicales, lombaires, sacrées et coccygiennes. Les apophyses transverses (*j, h, i*, etc.) étaient en grande partie envahies par l'ossification.

*n, n.* Portion des masses latérales de l'atlas commençant à s'ossifier.

*b.* L'apophyse basilaire est envahie en partie par un large point d'ossification ovalaire qui interrompt la continuité de la notocorde.

*a.* L'extrémité antérieure de celle-ci empiète un peu dans le corps du sphénoïde présentant un large point d'ossification en arrière et un autre très-petit en avant (*o*).

*c.* Notocorde qui en avant du sommet de l'apophyse odontoïde passe derrière l'arc antérieur de l'atlas sans le traverser.

*d.* Apophyse odontoïde adhérent par la circonférence de sa base au corps proprement dit de l'axis (*h*).

*e.* Léger renflement de la notocorde entre l'odontoïde et le corps proprement dit de l'axis.

*i.* Troisième vertèbre cervicale.

## PLANCHE IV.

### Notocorde du lapin.

Fig. 8. — Portion du rachis d'un embryon de lapin long de 22 millimètres, prise de la quatrième à la huitième vertèbre dorsale; elle est traversée par la notocorde qui présente des renflements globuleux un peu elliptiques transversalement au niveau des disques intervertébraux. Dans ces renflements se

voit une bande grisâtre en forme de ménisque, placée transversalement au milieu de la dilatation et formée par les groupes de cellules décrits plus loin. Le corps des vertèbres, leurs apophyses et les côtes sont entièrement cartilagineux, sans aucun point d'ossification. Même disposition de ces parties dans la colonne lombaire ; la cavité est seulement un peu plus elliptique en travers et la couche grisâtre en forme de ménisque plus nette. Le cartilage du corps des vertèbres est légèrement rosé au centre des deux moitiés placées de chaque côté de la corde dorsale ; les chondroplastes sont un peu moins nombreux au niveau du canal traversé par la notocorde que sur les côtés.

*a a.* Notocorde avec les renflements globuleux discoïdes.

*b, b.* Disques formés de fibres lamineuses et de corps fusiformes, composant un tissu plus foncé que le cartilage, au centre desquels se voit la dilatation globuleuse de la notocorde ; ils se prolongent sur les lames vertébrales (*d*) qui sont renversées sur les côtés du corps des vertèbres (*c*).

*e.* Apophyses transverses.

*f.* Côtes.

Fig. 9. — Extrémité postérieure du rachis du même embryon, à compter de la troisième vertèbre sacrée.

*a, c.* Notocorde.

*g.* Son dernier renflement, ovoïde transversalement, passant à la forme globuleuse, puis à la forme ovoïde (*e*) dans le sens de la longueur.

*c.* Premier noyau cartilagineux de la dernière vertèbre coccygienne récemment apparue.

*c, d.* Portion de la corde dorsale sans renflements.

*d, e.* Intervalles vertébraux où apparaissent les premiers renflements.

*t.* Premier des renflements dans lequel on voyait la couche grisâtre que forment les amas de cellules.

*h.* Première apparition des apophyses transversales.

*i.* Tissu interposé aux vertèbres et à leurs apophyses.

*j.* Tégument et tissu demi-transparent sous-jacent.

## PLANCHE V.

### **Notocorde du veau, du porc et du mouton.**

Fig. 10. — Portion de la queue d'un fœtus de vache (*Bos taurus,* L.) long

de 99 millimètres. La notocorde traverse les vertèbres caudales ou coccygiennes, et s'avance jusqu'au bout de la dernière, où elle se termine sans presque se rétrécir. Elle est large de 6 centièmes de millimètre.

*j k*. Premières traces de renflements de la notocorde.

*g h*. Renflement clair, transparent, bien prononcé, très-peu granuleux au centre, se trouvant entre la sixième et la septième et entre la septième et la huitième vertèbre caudale ou coccygienne à compter de la première.

*t d*. Renflements plus gros, ovoïdes transversalement comme le précédent, mais plus globuleux.

*q*, *q*. Autres renflements plus larges en travers placés entre les cinquième, quatrième et deuxième vertèbres caudales. Ils conservaient cette forme dans tout le sacrum, sauf dans le premier disque intervertébal sacré; là ils devenaient globuleux, larges de 25 centièmes de millimètre, et conservaient cette forme jusqu'au dos, où ils prenaient de nouveau la forme lenticulaire et moins d'épaisseur jusqu'à l'axis, où on cessait de pouvoir suivre la notocorde.

*i*. Huitième vertèbre caudale à compter de la première, au bord antérieur de laquelle se voient deux apophyses en forme d'oreille; cette disposition se conservait jusqu'à la quatrième (*e*). Sur le mouton, les apophyses correspondantes occupent le bord opposé du corps de la vertèbre, qui est plus court près son milieu.

*e*. Quatrième vertèbre caudale à compter du sacrum, offrant les premières traces d'un point d'ossification central (*p*).

*a*. Troisième vertèbre caudale, offrant un point central d'ossification (*o*) bien dessiné, avant toute vascularisation du cartilage; là cessaient les apophyses antérieures auriculées, et les corps des vertèbres devenaient renflés vers le milieu jusqu'au sacrum plus encore que sur celle-ci (*a*); en même temps elles portaient de chaque côté de leur partie moyenne une large apophyse bilobée dont les deux lobes sont encore seuls formés ici (*a*).

*l m*. Les deux dernières vertèbres coccygiennes ou caudales les plus récemment apparues; le tissu des disques interposés à elles à la suivante ne se distingue pas encore des tissus environnants. Les cartilages du corps des vertèbres caudales sont cylindriques-allongés; sur les moutons, dès qu'ils offrent des apophyses latérales, ils perdent cette forme, qu'ils possédaient aussi pour devenir globuleux, presque ovoïdes transversalement, lorsque l'apophyse transversale en occupe la partie moyenne. Le disques intervertébraux sont rétrécis vers leur milieu et plus longs chez la vache que dans le mouton.

Fig. 11. Cartilages de vertèbres coccygiennes ou caudales à compter de la cinquième, pris sur un fœtus de porc (*Sus scropha*, L.) long de 107 millimètres du vertex à la racine de la queue, montrant des particularités analogues à celles observées chez la vache, fig. 10. Les cellules des dilatations intervertébrales étaient grandes, finement granuleuses, déjà riches en gouttelettes sarcodiques. Ces dilatations ou cavités avaient 1 millimètre ou environ de large dans les disques lombaires, et 1 quart de millimètre environ ici, *d*, *d*.

*a*, *b* jusqu'à *e*. Points d'ossification de moins en moins gros au centre des corps vertébraux cartilagineux encore dépourvus de tout vaisseau. Toutes ces vertèbres portent des apophyses articulaires auriculées.

*c*. Onzième vertèbre coccygienne, à compter de laquelle les apophyses précédentes cessent d'exister.

*d, d*. Renflements intervertébraux de la notocorde globuleuse.

*k*. Renflements de la notocorde ovoïdes dans le sens de la longueur de l'organe, et de moins en moins gros.

*k l*. Notocorde sans renflements.

*m*. Extrémité de la notocorde au bout du dernier centre vertébral coccygien cartilagineux.

Fig. 12. — Corps cartilagineux des vertèbres des quatre dernières lombaires avec la corde dorsale, interrompue au milieu du corps des trois d'entre elles par un point d'ossification, sur un fœtus de mouton (*Capra aries*, Fischer) long de 7 centimètres du bout à la racine de la queue. Du bout du coccyx jusqu'à la première vertèbre sacrée, la notocorde n'était pas interrompue et aucune vertèbre n'avait de point d'ossification. La notocorde était cylindrique depuis son extrémité postérieure jusqu'au sixième disque intervertébral en comptant du dernier lombaire ; à partir de là elle offrait une série de très-petites dilatations ovoïdes à grand diamètre vertical.

*a*. Dilatation ovoïde grisâtre du dernier disque intervertébral lombaire ; d'autres semblables, mais un peu plus petites, se voient dans les autres disques (*g*, *h*, *i*).

*b*. Cartilage de la dernière vertèbre lombaire, commençant à devenir légèrement grenu au centre, sans interrompre tout à fait la notocorde à ce niveau.

*c*. Premier point d'ossification régulièrement ovoïde transversalement, interrompant tout à fait la notocorde au centre de la quatrième lombaire.

*d e*. Autres points d'ossification de plus en plus gros interrompant la notocorde au centre des troisième et deuxième vertèbres lombaires. Ils conser-

vaient la forme et le volume du point *e* dans toute la colonne vertébrale jusqu'à l'axis, sous forme d'une petite tache blanche visible à l'œil nu, large de 1 demi-millimètre.

## PLANCHE VI.

### **Notocorde de l'homme et du cochon d'Inde** (1).

Fig. 13. — Embryon de cochon d'Inde (*Cavia aperea,* Erxleben) de trois à quatre semaines, long de 9 millimètres, vu de côté et un peu aplati.

*a.* La vésicule ombilicale, large de 2 millimètres et demi.

*b p.* Son pédicule et les vaisseaux s'épanouissant sur la vésicule.

*c.* Pédicule de l'allantoïde. Le point de sa séparation de celui de la vésicule ombilicale est très-voisin de l'ombilic, mais le rapprochement des deux extrémités du corps fait qu'ils sont superposés ici.

*d.* Lambeau de l'allantoïde. Elle est formée de fibres lamineuses fines, en partie complétement développées, en partie à l'état de corps fibro-plastiques, et de matière amorphe un peu granuleuse ; dès le point où elle s'épanouit en membrane au sommet du pédicule, les vaisseaux se subdivisent presque au même niveau et forment des mailles polygonales étroites.

*e e.* Espace qui sépare le péricarde du cœur ; le premier est mince, transparent, plein de liquide, saillant avec le cœur hors de la cavité du corps.

*r f h.* Le cœur ; il est formé d'une partie inférieure renflée en ampoule (*h*) ; d'un vaisseau supérieur se renflant graduellement (*f*) et d'une portion (*r*) intermédiaire aux deux autres, représentant les oreillettes. Cette portion est aréolaire, spongieuse, à la manière d'un tissu érectile, comme parcourue par de nombreux capillaires du double plus larges environ que les capillaires de l'allantoïde. Normalement la partie *f* est repliée par dessus la partie *h*, qu'elle croise de manière à être supérieure ; mais il n'est pas très-difficile, par les mouvements imprimés à l'embryon, de l'amener à la position dans laquelle elle se trouve figurée ici.

*i.* Arcs branchiaux au nombre de trois. Leur tissu est entièrement formé de

(1) Par erreur, dans la gravure des lettres, le titre au bas de la planche VI porte les mots *Notocorde du lapin*, au lieu de *Notocorde du cochon d'Inde.*

noyaux embryo-plastiques, ovoïdes, à contour net, à centre clair transparent et possédant un ou deux petits nucléoles brillants; il en est de même, à cette époque, de tous les autres tissus du tronc, à compter déjà du moment où il n'y a encore que six corps vertébraux apparents.

*j*. L'œil déjà visible sous forme d'une petite masse sphérique un peu plus transparente, avec une partie ronde plus claire au milieu.

*h*. Oreille sous forme d'une vésicule transparente.

*l*, *m*, *n*. La notocorde; vingt-quatre vertèbres sont déjà dessinées, presque contiguës; la partie postérieure de la notocorde traverse une masse cylindro-conique, aux dépens de laquelle doivent se former les vertèbres coccygiennes; une couche de noyaux embryo-plastiques un peu plus allongés, plus étroits et plus grenus que ceux du cartilage du corps des vertèbres, accompagnés de matière amorphe molle, finement granuleuse, entoure les vertèbres et les sépare de l'épiderme, formé de grandes cellules polyédriques.

*o*, *o*, *o*. Cavité de l'amnios pleine de liquide; cette membrane est presque contiguë au corps à cette époque.

Fig. 14. — Les trois dernières vertèbres sacrées et les quatre coccygiennes cartilagineuses d'un embryon humain de 65 à 70 jours, long de 7 centimètres des talons au vertex, et de 5 centimètres de ce point jusqu'à la commissure périnéale. Aucun cartilage vertébral, ni l'apophyse basilaire de l'occipital, ni le sphénoïde n'offraient des points d'ossification. On voyait encore la partie céphalique de la notocorde, comme dans la fig. 2. Elle montrait de petits renflements ovoïdes, grisâtres, comme *a b*, dans tous les disques.

*a b c*. Portion sacrée de la notocorde sous forme d'un cordon grisâtre légèrement renflé au niveau des disques interarticulaires.

*d e*. Portion coccygienne de la notocorde régulièrement cylindrique, se terminant en pointe au milieu du dernier cartilage coccygien, qui était bilobé, peu régulier.

*f*. Dernière vertèbre sacrée.

*g*. Troisième et quatrième vertèbres sacrées cartilagineuses, déjà soudées ensemble avant l'apparition de tout point d'ossification.

## PLANCHE VII.

### Notocorde et premiers points d'ossification du corps des vertèbres de l'homme.

Fig. 15. — Cellules provenant d'une dilatation de la notocorde prise dans la colonne cervicale du fœtus humain de 65 à 70 jours (fig. 5), Les dilatations ovoïdes, grisâtres, commençaient à se produire entre l'axe et la troisième cervicale et se montraient dans tous les disques jusqu'au sacrum. La notocorde était rétrécie, difficile à apercevoir au centre du corps de chaque vertébre, bien qu'il n'y cût pas dc point d'ossification. La notocordc et ses renflements grisâtres étaient tous formés par des cellules polyédriques, grisâtres, finement granuleux, se gonflaicnt dans l'eau et n'avaient pas de vacuoles sarcodiques.

*a.* Commencement du renflement ayant conservé sa forme ovoïde après l'expulsion et représenté en partie seulement.

*ab.* Portion cylindrique qui pénétrait dans le canal du cartilage vertébral.

*bc.* Prolongement grêle formé de cellules placées à la suite les unes des autres.

Fig. 16. — Corps de la cinquième vertèbrc dorsale vu pa l'une de ses faces et grossi 60 fois, pris sur un embryon humain long de 24 millimètres du vertex au coccyx après redressement; épaisseur $0^{mm},7$; plus grande largeur $1^{mm},5$; diamètre antéro-postérieur $0^{mm},5$. Les arcs et les masses latérales cartilagineux ne sont pas encore soudés au corps de la vertèbre.

*a.* Orifice du canal par lequel passait la uotocordc et sa gaîne qui ont été arrachées; une mince couche de substance homogène sans chondroplastes (*b*) limite ce canal qui est placé plus près du bord antérieur de chaque vertèbre que de l'autre.

Fig. 17. — Portion du même corps vertébral grossi 450 fois pour montrer la structure du cartilage vertébral et la couche homogène dépourvue de chondroplastes, épaisse de $0^{mm},015$ qui limite le canal de la notocorde. Ce (*a*) canal est large lui-même de 5 centièmes de millimètre à cette époque; les chondroplastes et les noyaux qu'ils renferment sont plus petits près de la couche homogène (*b*) qui limite le canal de la notocorde. Dans le reste du cartilage

les noyaux contenus dans les chondroplastes sont plus larges que les noyaux embryoplastiques du tissu placé autour des vertèbres. Chaque cartilage vertébral est déjà entouré d'une mince couche de corps fibroplastiques fusiformes indiquant le commencement de la formation du périchondre. Le tissu des disques intervertébraux plus foncé, offre la même structure, mais ces éléments y sont plus adhérents entre eux. Ces particularités ne sont pas figurées ici.

Fig. 18. — Vertèbres d'un fœtus humain long de 18 centimètres et demi, esquisse de grandeur naturelle.

*a.* Quatrième vertèbre cervicale.

*b.* Troisième dorsale.

*c.* Deuxième lombaire.

Fig. 19. — Corps de la quatrième vertèbre cervicale, d'après une coupe transversale grossie neuf fois, pratiquée sur cette vertèbre chez le fœtus humain, long de 18 centimètres et demi.

*a.* Canal de la notocorde non oblitéré.

*b.* Point d'ossification, large de 7 dixièmes de millimètre, cordiforme, bilobé en avant, dont la formation débute un peu en arrière de la notocorde qu'il tend à entourer et dont il va prendre la place. Un point osseux semblable, plus petit, plus éloigné de la notocorde, existait dans la troisième cervicale.

*c.* Canaux vasculaires du cartilage; aucun n'atteint encore le point osseux vers les côtés duquel ils se dirigent. Il n'y en avait pas en avant. Ils apparaissent d'abord à la face postérieure ou concave du corps de la vertèbre. Sur l'axis, dont le cartilage était déjà vasculaire, mais sans point central d'ossification, on voyait les canaux vasculaires en arrière et sur les côtés de la notocorde passer autour d'elle sans l'atteindre et circonscrire ainsi un espace clair dont elle occupait le centre. Il n'y avait pas encore de ces canaux à la face antérieure du corps vertébral.

Fig. 20. — *a.* Point osseux du corps de la deuxième vertèbre dorsale du même fœtus; il a à peu près 2 millimètres de large. Il est arrondi en avant (*b*), mais prolongé en arrière vers la face concave du corps vertébral (*g*).

*e c.* Larges canaux osseux de la face concave du corps vertébral s'avançant dans le point d'ossification encore à l'état aréolaire ou ostéoïde. Leurs branches s'étendent déjà jusqu'auprès des autres faces du cartilage.

*d.* Petits canaux vasculaires venant de la face antérieure du corps vertébral.

Fig. 21. — Point osseux du corps de la quatrième vertèbre dorsale large de 2 millimètres et quart, arrondi en avant (*b*), prolongé en arrière plus près de la face concave du corps (*g*).

Fig. 22. — Coupe transversale du corps de la deuxième vertèbre dorsale. Grossissement de 9 diamètres.

*b.* Point d'ossification de la sixième dorsale large d'à peu près 3 millimètres. Il est très-élargi transversalement (*a*).

*g.* Il est prolongé et rétréci en arrière du côté de la face concave du corps vertébral. Cette partie prolongée (*g*), qui donne une figure cordiforme à ces points d'ossification, correspond à la portion osseuse qui est apparue la première, au début de l'ossification; la partie élargie est d'apparition consécutive et due à l'agrandissement graduel de celle qui est étroite.

*c, d.* Canaux vasculaires du cartilage atteignant le point osseux; quelques-uns le pénètrent.

Fig. 23. — *e, g.* Coupe verticale du corps de la septième dorsale dont le point d'ossification était semblable au précédent. Elle montre la forme aplatie de haut en bas de ce point osseux qui est plus épais et mousse en arrière dans la portion correspondant au prolongement rétréci (*g*). Il est plus mince en avant (*e*) dans la partie qui correspond au bord antérieur élargi du point osseux vu de face (fig. 22 *b*). Le centre montre le petit noyau osseux compacte (*a*), plus dur que le reste du tissu qui est aréolaire.

Fig. 24. — Coupe transversale passant par le milieu du point d'ossification du corps de la neuvième vertèbre dorsale. Il y avait 3 millimètres d'avant en arrière, et autant de gauche à droite. La partie antérieure (*b*) s'est très-élargie par rapport à la partie postérieure rétrécie en forme de manche de marteau (*g*).

## PLANCHE VIII.

Fig. 25. — *b, g*. Coupe de la superficie du point d'ossification de la neuvième vertèbre dorsale, ayant enlevé la partie périphérique plus épaisse de ce point osseux.

*a*. Canal de la notocorde non encore oblitéré ; il occupe le centre de la portion encore cartilagineuse et sans canaux vasculaires du corps vertébral dans chaque dépression ou concavité centrale du point d'ossification ; point qui à ce niveau paraît grisâtre, moins opaque qu'au pourtour, lorsqu'il est vu de face et entier (voy. fig. 29 *a*).

*c, d*. Canaux vasculaires dont plusieurs pénètrent dans le tissu osseux.

Fig. 26. — *e, g*. Coupe verticale du corps de la onzième vertèbre dorsale qui montre sur ce point osseux les mêmes particularités que la coupe analogue (fig. 23), en ce qui concerne les bords ou extrémités *b* et *g*.

*a*. Milieu du point d'ossification plus mince que le reste, montrant qu'il est biconcave, à double dépression centrale entourée circulairement par la partie périphérique plus épaisse et encore ostéoïde du point d'ossification (*f, e* et *f, g*), tandis que ce centre est occupé par une sorte de noyau osseux plus dur et plus foncé.

Fig. 27. — Coupe transversale passant par le milieu du point osseux du corps de la douzième dorsale, mesurant 2 millimètres transversalement et 2 millimètres et demi d'avant en arrière.

*b*. La portion antérieure plus mince tient à la partie postérieure plus épaisse (*g*) et plus large que dans les autres vertèbres, par une portion (*a*) plus étroite (1).

*c, d*. Larges canaux vasculaires gagnant le tissu osseux.

---

(1) La plus grande minceur et la plus grande étroitesse du point osseux au centre de la vertèbre s'exagèrent par la dessiccation ; la pression des vertèbres brise facilement le point osseux à ce niveau et le partage en deux moitiés séparées artificiellement. MM. Rambaud et Renault appellent *point osseux médian* la partie antérieure élargie (*b*) résultant de l'extension du point d'ossifica-

FIG. 28. — Coupe transversale de la superficie du point osseux de la même vertèbre.

*b*, *g*. Parties antérieures et postérieures de ce point osseux qui, plus épaisses que la portion intermédiaire centrale et bilatérale (voy. fig. 26 *a*), ont seules été rasées par la coupe.

*a*. Canal de la notocorde non encore oblitéré dans le cartilage sans canaux vasculaires au niveau de la partie plus mince du point d'ossification.

FIG. 29. — Coupe transversale du point osseux de la troisième lombaire, pratiquée par le milieu, mais vue par sa face superficielle. Ce point mesurait 2 millimètres et demi d'avant en arrière et autant transversalement.

*a*. Dépression médiane centrale du point osseux.

*g*. Partie postérieure la plus épaisse de haut en bas, la plus étroite transversalement ; elle porte un petit lobe de chaque côté aux deuxième, troisième et quatrième vertèbres lombaires.

*b*. Partie antérieure la plus amincie, mais la plus large transversalement.

*c*, *d*. Canaux vasculaires.

FIG. 30. — Coupe transversale du point osseux de la troisième vertèbre lombaire ; il est lenticulaire presque circulaire, large de 1 millimètre et demi.

FIG. 31. — Point osseux (*b*, *g*), d'une quatrième cervicale d'un fœtus de chienne (*Canis familiaris*, L.) atteignant la face antérieure et presque la face postérieure du corps vertébral et déjà large de 1 millimètre transversalement, sans qu'il y ait encore traces de vaisseaux dans le cartilage d'ossification (*c*).

FIG. 32. — *a b c*. Humérus cartilagineux d'un embryon humain long de 24 millimètres du vertex au périnée. Grossi de 15 diamètres.

*d*. Point osseux contre le périoste de la face interne.

*e*. Portion du cartilage non encore envahie.

---

tion, qui est en réalité unique. Ils nomment *point accessoire* la partie la plus étroite transversalement (*g*), mais qui est la plus épaisse dans le sens de la hauteur (fig. 7, *f*), et ils la considèrent comme déformation postérieure à la première et se soudant ensuite à elle (Rambaud et Renault, *Origine et développement des os*, Paris, 1864, in-8°, p. 76 et 78, et atlas, pl. IV, fig. 4, 8 et 9) ; mais c'est en arrière et non en avant de la notocorde (fig. 1, *a*) que débute le point osseux vertébral.

*f*. Cubitus cartilagineux.

*g*. Radius cartilagineux.

*h*. Tache grenue grisâtre indiquant le début du point osseux cubital.

*t*. Articulation radio-carpienne.

Fig. 33. — *i*. Point osseux radial bien marqué, conoïde.

*j*, *k*, *l*, *m*. Fémur cartilagineux du même embryon, à un grossissement de 11 diamètres.

*n*. Son point osseux qui de la face interne forme déjà un disque complet atteignant le côté opposé à celui où il a débuté à l'état de point conoïde.

*o*. Tibia cartilagineux.

*p*. Son point osseux conoïde plus avancé que celui du péroné.

*q*. Péroné cartilagineux.

*r*. Son point osseux encore grenu.

*s*. Articulation tibio-tarsienne.

Fig. 34. — Portion du fémur d'un embryon long de 20 millimètres du vertex au périnée. Grossissement 45 diamètres.

*s*. Point d'ossification formant un disque complet qui partage en deux moitiés, l'une supérieure, l'autre inférieure, le fémur cartilagineux.

*t*, *t*. Le périchondre ou périoste.

Fig. 35. — Portion du tibia cartilagineux du même embryon. Même grossissement.

*u*. Point d'ossification conoïde.

*v*. Portion du cartilage qu'il n'a pas encore envahie.

*y*. Mince couche cartilagineuse interposée au périoste et à la substance osseuse du côté où sa génération a débuté, c'est-à-dire à la face interne de l'organe.

*x*, *x*. Périchondre ou périoste.

## PLANCHE IX.

### **Éléments anatomiques de la notocorde et de sa gaîne.**

Fig. 36. — Portion céphalique renflée en massue de la notocorde de l'embryon de mouton (*Capra aries*, Fischer) de la fig. 3 (*a*, *b*), vue à un fort grossissement.

*a, d.* Portion la plus renflée.

*d, b.* Portion plus mince devenant peu à peu régulièrement cylindrique. On distingue la gaîne qui est homogène-transparente, légèrement marquée de plis longitudinaux très-délicats. Dans la gaîne, la notocorde est formée d'un cylindre intestiniforme, replié sur lui-même d'espace en espace (*d*), un peu flexueux, formé de cellules polyédriques (*e*), ayant un noyau sphérique. Les cellules sont fortement pressées et adhérentes les unes contre les autres.

*b, b, f.* Points où une ligne intérieure parallèle à celle qui marque la surface extérieure de la gaîne de la notocorde indique la face interne et l'épaisseur de cette gaîne.

FIG. 37. — Extrémité postérieure de la notocorde d'un embryon de rat (*Mus decumanus*, Pallas) long de 12 millimètres.

*a, c.* Cordon celluleux formé de cellules grisâtres, très-fortement cohérentes et dont les lignes de juxtaposition sont difficiles à voir.

*c, b.* Intervalle plein de liquide visqueux existant entre la superficie du cordon celluleux et l'enveloppe de la notocorde.

*d.* Extrémité mousse de la notocorde et de son enveloppe.

FIG. 38. — Partie moyenne de la notocorde de l'embryon humain, long de 6 millimètres, représenté fig. 1.

*a, b, c.* Comme à la fig. 37.

*d.* Extrémité brisée de la notocorde. Les cellules sont tellement cohérentes qu'on ne les voit bien et surtout qu'on ne distingue leur noyau qu'après quelques instants de contact avec l'eau.

FIG. 39. — Cellules prises à la périphérie de la cavité des disques intervertébraux chez un fœtus humain, long de 81 millimètres. Dans la partie centrale, elles étaient telles que les représente la fig. 45.

*i, j, k.* Cellules réunies en groupes ramifiés et entourant de grands globules clairs et limpides (*k*).

FIG. 40. — Éléments de la même préparation.

*a, b, c, d.* Cellules réunies ou intimement juxtaposées, dessinées lorsque la préparation, faite depuis un certain temps, commençait à se dessécher. Des vacuoles claires, petites, pleines d'un liquide rosé, se formaient peu à peu dans leur épaisseur sous les yeux de l'observateur pendant la durée de l'exécution du dessin.

Fig. 40 *bis*. — *e*, *f*, *g*. Cellules de la même préparation dessinées avant les précédentes, et lorsqu'il ne s'y était pas formé encore de vacuoles.

*e*, *e*. Deux cellules présentant un long prolongement à une de leurs extrémités, fait peu habituel.

Fig. 41. — Cellules prises à la périphérie de la cavité des disques intervertébraux chez un fœtus humain de 3 mois. Dans la partie centrale, elles étaient semblables à celles des fig. 44 et 45.

*a*, *b*, *c*, *d*. Grandes excavations sarcodiques dont quelques cellules étaient formées au moment ou la préparation a été faite, et qui se sont multipliées beaucoup, après quelques instants comme dans la fig. 40. Les noyaux étaient finement granuleux sans nucléole, ronds, ovoïdes ou un peu irréguliers.

Fig. 42. — Groupe de cellules pris dans la même préparation que le précédent, mais sans excavations sarcodiques.

*a*, *b*. Cellules polyédriques à noyau sphéroïdal, ou ovoïde sans nucléole.

*c*, *d*. Cellules de la périphérie de ce groupe prolongées en pointe.

*e*, *e*, *e*. Globules hyalins, de dimensions diverses, entourés par les cellules.

Fig. 43. — L'avant-dernier corps vertébral cartilagineux coccygien de la queue de l'embryon de lapin représenté pl. IV, fig. 9, dessiné à un grossissement de 500 diamètres.

*a*, *b*. Gaîne de la notocorde entraînée par le centre cartilagineux pendant son isolement et vidée de son contenu.

*c*, *d*. Masse cartilagineuse naissante, formée d'une substance homogène molle, assez élastique, creusée de cavités exactement remplies par autant de noyaux ovoïdes finement granuleux.

*e*, *f*. Partie centrale plus foncée que la périphérie de ce centre vertébral coccygien.

## PLANCHE X.

### Modifications évolutives des cellules de la notocorde.

Fig. 44. — Cellules en amas, existant dans les dilatations de la notocorde de même embryon de lapin, amas expulsés par compression. Ils sont plongés

dans une substance homogène, visqueuse, assez tenace. Cette substance est plus dense autour des amas de cellules que loin d'eux ; elle forme même parfois une mince couche légèrement striée qui les entoure, et dont l'aspect strié se prolonge au-delà des amas vers leurs extrémités (voyez fig. 51).

*a*, *b*, *c*. Amas formés d'un petit nombre de cellules.

*d*, *e*, *f*, *g*, *h*. Amas allongés, plus volumineux.

*i*. Cellules de quelques amas se creusant de vacuoles claires, pleines d'un contenu limpide légèrement rosé.

FIG. 44 *bis*. — Amas étroit et allongé pris dans la même préparation que les précédents.

*a*. Cellules granuleuses.

*b*. Cellules accidentellement hyalines sans granules et se creusant de vacuoles sarcodiques.

*c*. Cellule granuleuse avec une petite vacuole sarcodique.

FIG. 45. — Cellules intervertébrales recueillies en raclant la face interne de la cavité des disques intervertébraux d'un fœtus de vache (*Bos taurus*, L.) de sept à huit semaines. Elle sont petites, polyédriques par pression réciproque, et forment de longues séries simples ou ramifiées par juxtaposition ; toutes les cellules renfermaient quelques granules graisseux.

*a*. Amas ovoïde pédiculé contenant à son centre une masse globuleuse homogène, pâle, sans granulations.

*b*, *c*. Amas allongé de cellules polyédriques dont se détachent des séries non ramifiées de cellules superposées.

*d*, *e*, *f*, *g*. Séries de cellules semblables ramifiées de diverses manières.

FIG. 45 *bis*. — Amas isolé de cellules polyédriques, granuleuses.

*a*. Au centre se voient deux grands globules clairs transparents (*b*, *c*). Cet amas vient de la même préparation que celui de la figure précédente. Ces cellules devenaient sphériques en se gonflant au contact de l'eau.

FIG. 46 *à* 48. — Amas de cellules et cellules isolées pris dans les cavités intervertébrales de fœtus humains de trois, quatre, six et neuf mois. Ils sont sous forme de grains grisâtres, déjà apercevables à l'œil nu au centre de la cavité des disques intervertébraux, dans la substance hyaline, visqueuse, gé-

latiniforme qui les remplit. On en voit de très-allongés, cylindroïdes ou intestiniformes, d'ovoïdes, etc., accompagnés d'autres analogues à ceux des figures précédentes.

Fig. 46. — Groupe arrondi formé d'un petit nombre de cellules seulement, pris sur un fœtus de trois mois.

*a*, *b*. Cellules sphèroïdales peu granuleuses.

Fig. 47. — Cellules isolées et amas de cellules arrondi d'après une préparation prise sur un fœtus de six mois n'ayant pas éte traitée par l'eau, mais faite depuis quelques heures et dans laquelle les cellules commençaient à s'altérer.

*a*. Cellules s'étant conservées intactes, et dont une renferme deux vacuoles.

*b*. Cellules creusées d'une grande vacuole qui la distend avec contenu rosé.

*c*, *d*. Cellules de la surface de l'amas s'étant gonflées et devenues hyalines, transparentes, globuleuses, et de polyédriques finement granuleuses qu'elles étaient.

*e*. Cellules ayant subi les mêmes changements, mais allongées; d'autres plus près du centre de l'amas commencent à montrer la même altération. Au centre de l'amas est un grand globule transparent, limpide.

*f*. Cellules ne présentant aucune modification.

Fig. 47 *bis*. — Autre amas de cellules de la même préparation.

*a*, *e*. Cellules périphériques devenant globuleuses ou allongées.

*b*, *c*, *d*. Cellules creusées de vacuoles pleines d'une matière hyaline légèrement rosée.

*f*. Grand globule hyalin incolore, placé au centre de l'amas et entouré de cellules plus granuleuses que les autres.

Fig. 48. — Amas ovoïde allongé, à cellules assez granuleuses pour le rendre peu transparent, pris sur un fœtus vigoureux mort pendant le travail. Durant l'exécution du dessin, quelques cellules se sont creusées de vacuoles qui les distendent et sont devenues globuleuses.

*a*. Cellule devenue sphéroïdale, transparente

*b*, *c*, *d*. Cellules distendues par des vacuoles qui se sont formées dans leur épaisseur.

*d*, *e*. Substance amorphe, plus dense que la matière molle du reste de la cavité, entourant beaucoup d'amas de cellules et se prolongeant à leurs extrémités.

## PLANCHE XI.

### **Modifications évolutives des cellules de la notocorde.**

Fig. 49. — Amas de cellules granuleuses, pris dans la même préparation que celles de la figure précédente.

*a*. Cellule prolongée en pointe avec une vacuole.

*b*. Cellules sphéroïdales.

Fig. 50. — Autre amas tiré de la même préparation, avec un petit globule limpide au centre. La plupart des cellules présentent une ou deux vacuoles, parfois très-grandes, pleines d'un contenu rosé. Celles de la périphérie sont devenues globuleuses, transparentes; celles du centre sont très-granuleuses par places au point de rendre l'amas presque opaque.

Fig. 51. — Cellules de la même préparation, faite depuis une heure. Elles laissent exsuder des gouttes sarcodiques, qui s'effilent, se pédiculisent, se détachent, et la cellule reprend à peu près sa forme. Elle se flétrit et devient irrégulière, lorsque plusieurs gouttes se sont échappées successivement de la même cellule. Souvent le noyau est entraîné par la goutte sarcodique et reste enveloppé par elle.

*a, b*. Cellules à un et deux noyaux laissant exsuder des gouttes sarcodiques arrondies, allongées, *c*, *d*.

*e*. Autre cellule laissant exsuder une goutte allongée non encore pédiculée.

*g*. Goutte sarcodique devenue libre ayant entraîné le noyau de la cellule d'où elle vient.

*h*, *i*. Gouttes sarcodiques contiguës dont l'une a entraîné un noyau.

Fig. 52. — Amas tiré du centre des disques du même fœtus que les figures précédentes, mais d'une préparation traitée par l'eau. Les cellules ne présentent pas d'excavations ni de gouttes sarcodiques. Elles commencent à être rendues transparentes par l'eau qui ne les a pas encore notablement gonflées. Un globule pâle, transparent, se voit au milieu de l'amas.

Fig. 53. — Amas de cellules de la même préparation traitée par l'eau, dessiné après le précédent. Les cellules sont déjà pour la plupart devenues globuleuses, surtout à la périphérie. Elles montrent encore les gouttes sarcodiques qu'elles renfermaient. On voit au centre de l'amas quatre grands globules transparents.

Fig. 54. — Autre amas de la même préparation dessiné après le précédent; l'eau a déjà gonflé beaucoup les cellules, qui sont devenues globuleuses, très-pâles; elles ne renfermaient pas de gouttes sarcodiques.

Fig. 55. — Amas volumineux, allongé, de cellules, pris sur un enfant de deux ans: les cellules sont pressées les unes contre les autres, presque meconnaissables, surtout par suite de leur distension par des vacuoles pleines de gouttes sarcodiques rosées. Une substance amorphe les entoure et se prolonge à leurs extrémités; elle est d'aspect muqueux, légèrement striée. On trouve des noyaux non-seulement dans les cellules, mais en groupes ou isolés à la surface des amas de cellules.

*a*, *b*. Substance d'aspect muqueux et striée entourant les amas et se prolongeant au-delà d'eux.

Fig. 56. — Amas sphérique de la même préparation que le précédent, dans lequel les cellules sont tout à fait méconnaissables par suite de leur compression réciproque et de leur réplétion par des gouttes *sarcodiques*.

Fig. 57. — Amas de cellules semblable au précédent, mais plus petit, pris dans la même préparation et traité par l'eau. Les cellules se sont gonflées considérablement, sont devenues transparentes, sphériques, distinctes les unes des autres. Les noyaux contenus dans leur épaisseur sont également devenus très-volumineux, incolores, transparents. Les noyaux libres adhérents à la surface des cellules sont restés granuleux sans se détacher.

L'amas de cellules est entouré de petites gouttes sphériques exsudant de leur intérieur comme une pluie de petits globules, et, à mesure qu'a lieu cette issue, les cellules se gonflent davantage et leurs gouttes sarcodiques intérieures disparaissent tout à fait.

Fig. 58. — Cellules diverses tirées de la même préparation, avant et après l'action de l'eau.

*a, b.* Cellules isolées qui, après avoir été gonflées par l'eau, se sont crevées, flétries, et ont repris alors un aspect finement granuleux.

*c, d.* Cellules qui étaient pleines et distendues par des vacuoles à contenu rosé limpide qui se sont crevées pendant la demi-dessiccation de la préparation non traitée par l'eau, et qui ont perdu leur noyau ainsi que le contenu de leurs vacuoles.

De *e* à *k*. Cellules de formes diverses isolées ou réunies, telles qu'on en trouve toujours quelques-unes d'isolées entre les groupes, soit avant, soit après la naissance.

*l, m.* Cellules isolées creusées de vacuoles et prises sur un enfant de quatre ans entre des groupes semblables aux précédents.

*n.* Autres cellules isolées de la même préparation offrant de petits prolongements pâles à leur périphérie.

## PLANCHE XII.

### Cellules de la notocorde de l'homme et du chien.

Fig. 59. — Groupes de cellules et cellules isolées pris sur deux sujets humains âgés de quatorze et de dix-sept ans.

*a, b, c.* Amas ovoïde, dans lequel les cellules sont rendues méconnaissables par la quantité de gouttes hyalines, rosées, qui les distend.

*a.* Traînée de substance amorphe striée, ayant l'aspect et la consistance d'un mucus qui entoure presque tous les amas à cet âge.

*b, c.* Gouttes sarcodiques demi-solides, plus consistantes qu'avant la naissance et qui, chez les jeunes enfants, se voient autour de la plupart des amas dans la substance hyaline, striée, qui les entoure. On en trouve beaucoup qui sont libres dans la substance amorphe gélatiniforme, au milieu de laquelle flottent les amas.

*d.* Deux grandes cellules juxtaposées distendues par des gouttes sarcodiques et entourées de petites gouttes exsudées à leur surface.

*e.* Cellule isolée entourée d'un grand nombre de petites gouttes sarcodiques rosées, entraînées avec elle dans ses mouvements et analogues à celles plus grandes qui remplissent la cellule.

*f*, *g*. Autres cellules isolées pleines de gouttes sarcodiques et recouvertes d'une ou plusieurs couches de gouttelettes analogues.

*h*. Cellule isolée pleine de gouttes sarcodiques, mais n'en ayant point laissé exsuder.

Fig. 60. — Groupe de cellules prises dans les disques intervertébraux d'un fœtus de huit mois mort-né. Un grain calcaire volumineux arrondi (*a*) est entouré de cellules pâles finement granuleuses (*b*), parsemées de grains polyédriques plus petits de même nature (*c*).

Fig. 61. — Autre amas de cellules (*b*) parsemé de grains calcaires foncés, analogues aux précédents, les uns arrondis (*a*), les autres polyédriques, irréguliers, isolés (*d*) ou réunis en groupes (*c*).

Fig. 62. — Cellules formant la substance, ayant la consistance de l'empois, qu'on trouve dans les cavités intervertébrales des chiens.

*a*, *b*, *c*, *d*, *e*. Cellules transparentes, sphéroïdales, un peu granuleuses, avec un petit noyau ovoïde et une paroi assez épaisse, distincte de la cavité, qui sont les plus nombreuses.

*f*, *i*. Cellules à fines stries concentriques superficielles peu nombreuses et un peu plus grosses que les autres.

*g*, *h*. Cellules sans noyaux, plus grandes que les autres, présentant des plis à leur superficie; elles sont peu nombreuses. On en trouve comme chez l'homme qui sont tout à fait plissées, irrégulières, ratatinées, trois fois plus petites que les autres ou environ.

*j*, *k*, *l*. Cellules gonflées par l'eau. Sur celles qui ont un noyau (*k*, *l*), celui-ci se gonfle aussi et ne montre pas de nucléole, ni de granulations.

*m*. Cellule remplie de gouttes sarcodiques hyalines, légèrement rosées, comme sur les autres animaux, mais peu nombreuses sur le chien. Les unes et les autres de ces cellules se brisent facilement et reviennent alors sur elles-mêmes en se plissant et se chiffonnant.

Fig. 63. — Exemple de l'une des formes que présentent chez l'homme les prolongements fibro-cartilagineux, plus ou moins ramifiés, qu'envoie, dans la substance gélatiniforme intervertébrale, le tissu limitant la cavité centrale des disques intervertébraux.

*a*. Pédicule homogène finement granuleux et finement strié.

*b*, *c*, *d*. Substance semblable formant la masse fondamentale des prolongements et de leurs subdivisions.

*e*. Chondroplaste au centre de l'une de celles-ci, contenant deux cellules cartilagineuses non contiguës, finement granuleuses.

*f*, *g*. Chondroplastes analogues remplis par des cellules se comprimant réciproquement et contenant quelques grosses granulations autour de leur noyau.

*h*. Chondroplaste rempli par des cellules analogues aux précédentes, mais dont l'une est remplie de granules qui masquent le noyau. Ici de même que dans les chondromes on trouve un assez grand nombre de chondroplastes pleins de cellules qui sont toutes granuleuses comme celle-ci. Souvent les grands chondroplastes sont ouverts par accident pendant l'exécution des préparations, et leur contenu s'isole sous forme d'un amas de cellules; celles-ci ne se séparant pas les unes des autres dans les mouvements qu'on leur fait exécuter, ni sous l'influence de l'eau, qui ne les gonfle pas ou presque pas, se distinguent aisément par là des cellules de la notocorde. En outre, elles ne renferment pas des gouttes sarcodiques, rosées, hyalines, et sont généralement moins grandes que ces dernières cellules, etc.

*ij*. Grand chondroplaste incomplétement rempli par trois cellules finement granuleuses.

*j*. L'un des aspects donnés à la plus grosse de ces cellules par la production lente d'expansions sarcodiques qu'elle présentait encore sur ce sujet au centre de ce chondroplaste, ainsi qu'on le voit dans d'autres cartilages encore.

# TABLE.

## PREMIÈRE PARTIE.

DE LA NOTOCORDE DEPUIS SON ENTIER DÉVELOPPEMENT JUSQU'A SA DISPARITION.



## DEUXIÈME PARTIE.

DES CAVITÉS INTERVERTÉBRALES ET DE LEUR CONTENU.

FIN DE LA TABLE.

Fig. 3. $\frac{40}{1}$

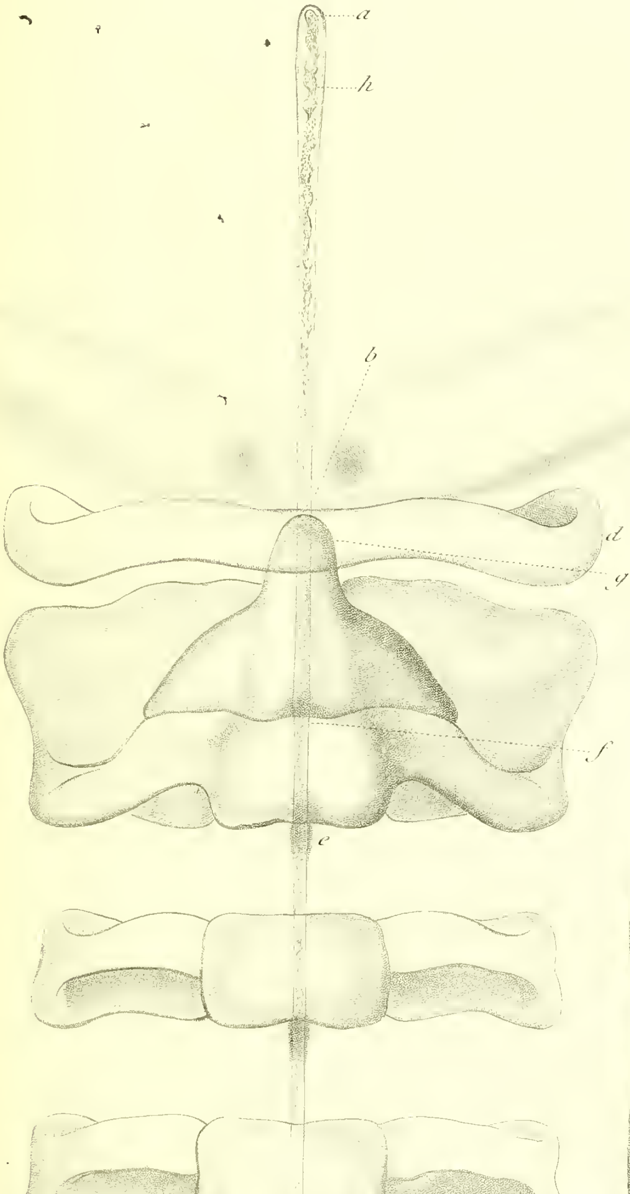



Fig. 2. $\frac{12}{1}$

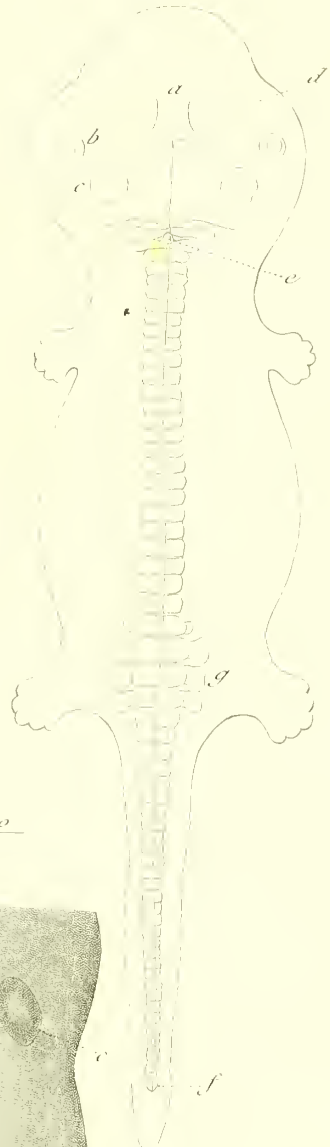
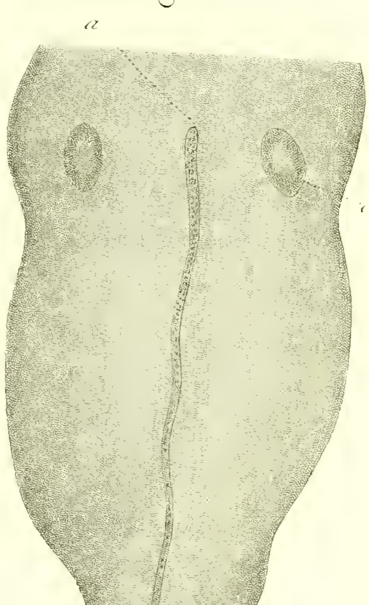



Fig. 1. $\frac{60}{1}$




ad nat. del. Oudet sc.

NOTOCORDE DE L'HOMME, DU RAT ET DU MOUTON.

Fig. 4. 40/1

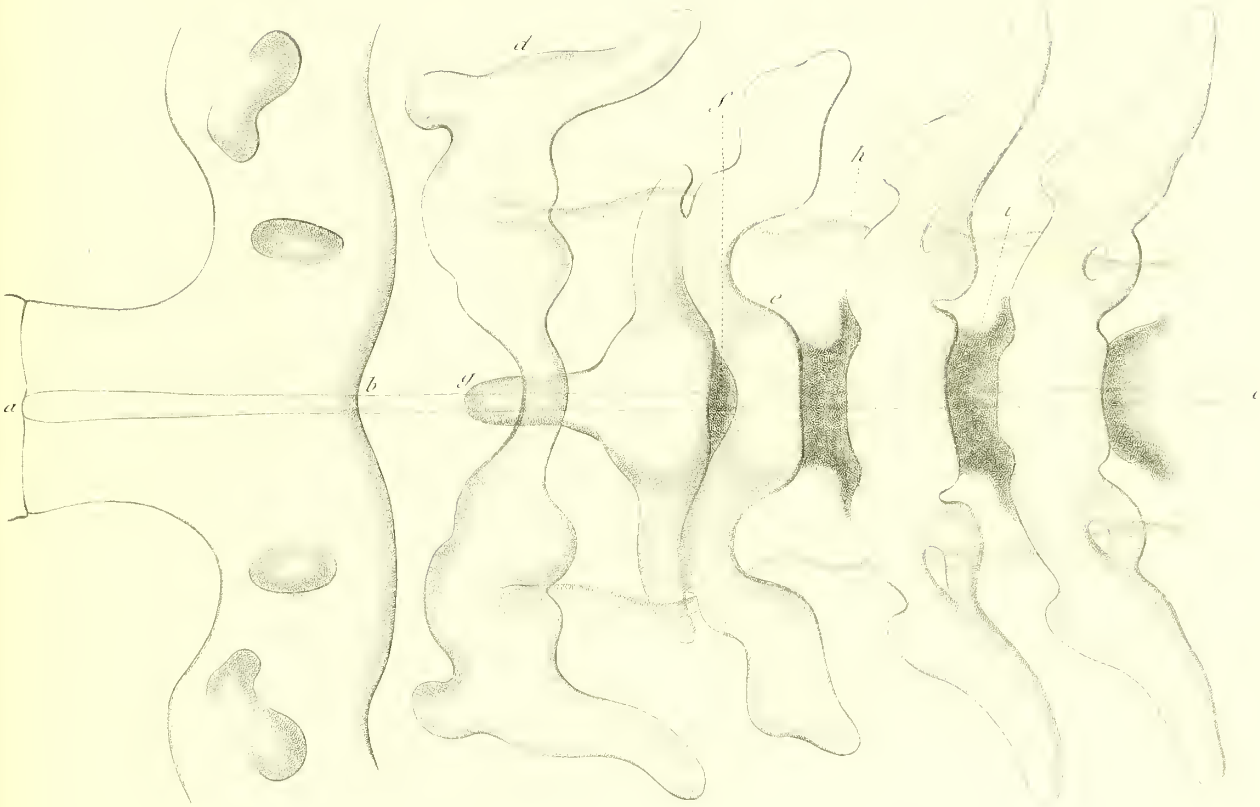
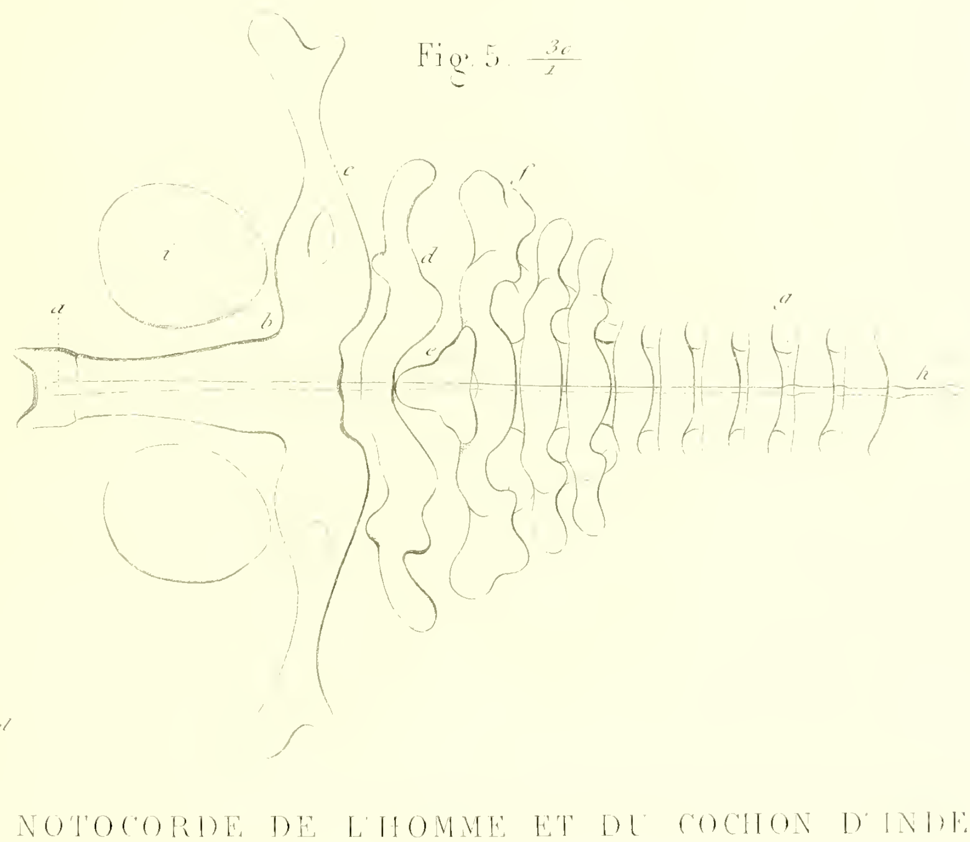



Fig. 5. 30/1




Ch. Robin ad nat. del.

NOTOCORDE DE L'HOMME ET DU COCHON D'INDE

Imp. Ch. Chardon aîné Paris

Fig. 6. $\frac{40}{1}$

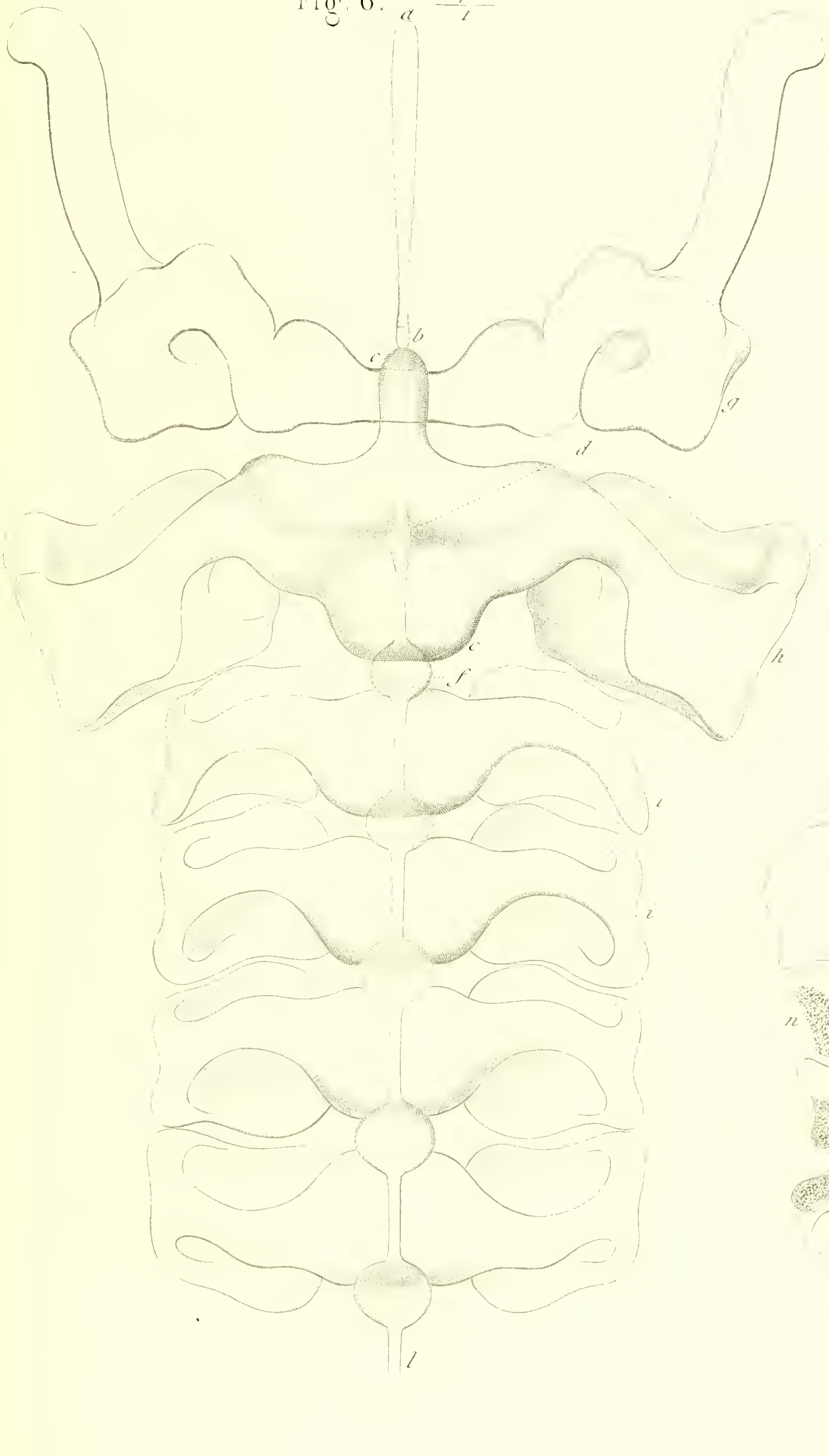



Fig. 7. $\frac{15}{1}$




Ch. Robin ad nat. del. Oudet sc.

NOTOCORDE DU LAPIN ET DU RAT.

Imp. Ch. Chardon aîné à Paris

Fig. 8. $\frac{60}{1}$

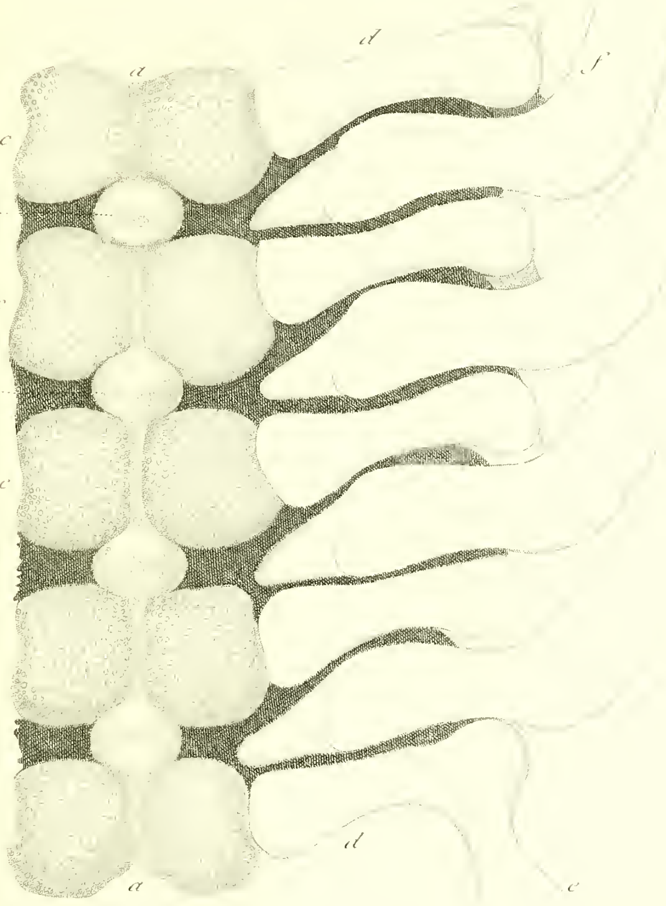
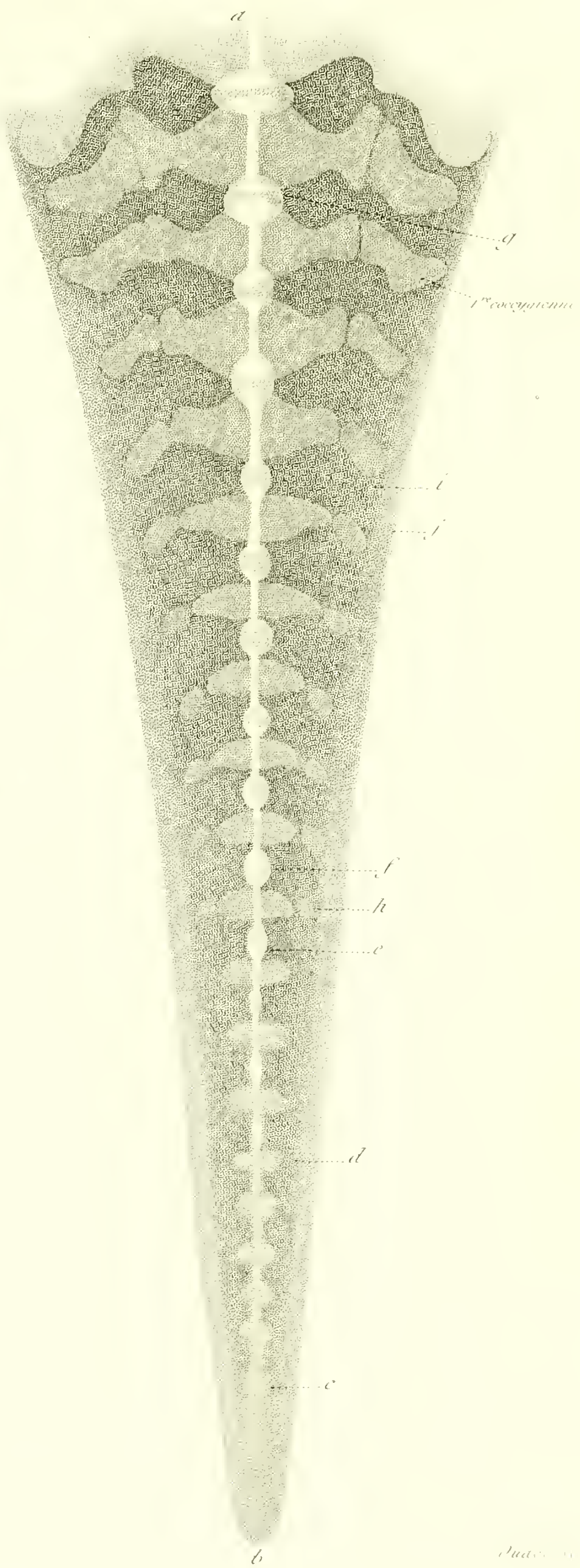
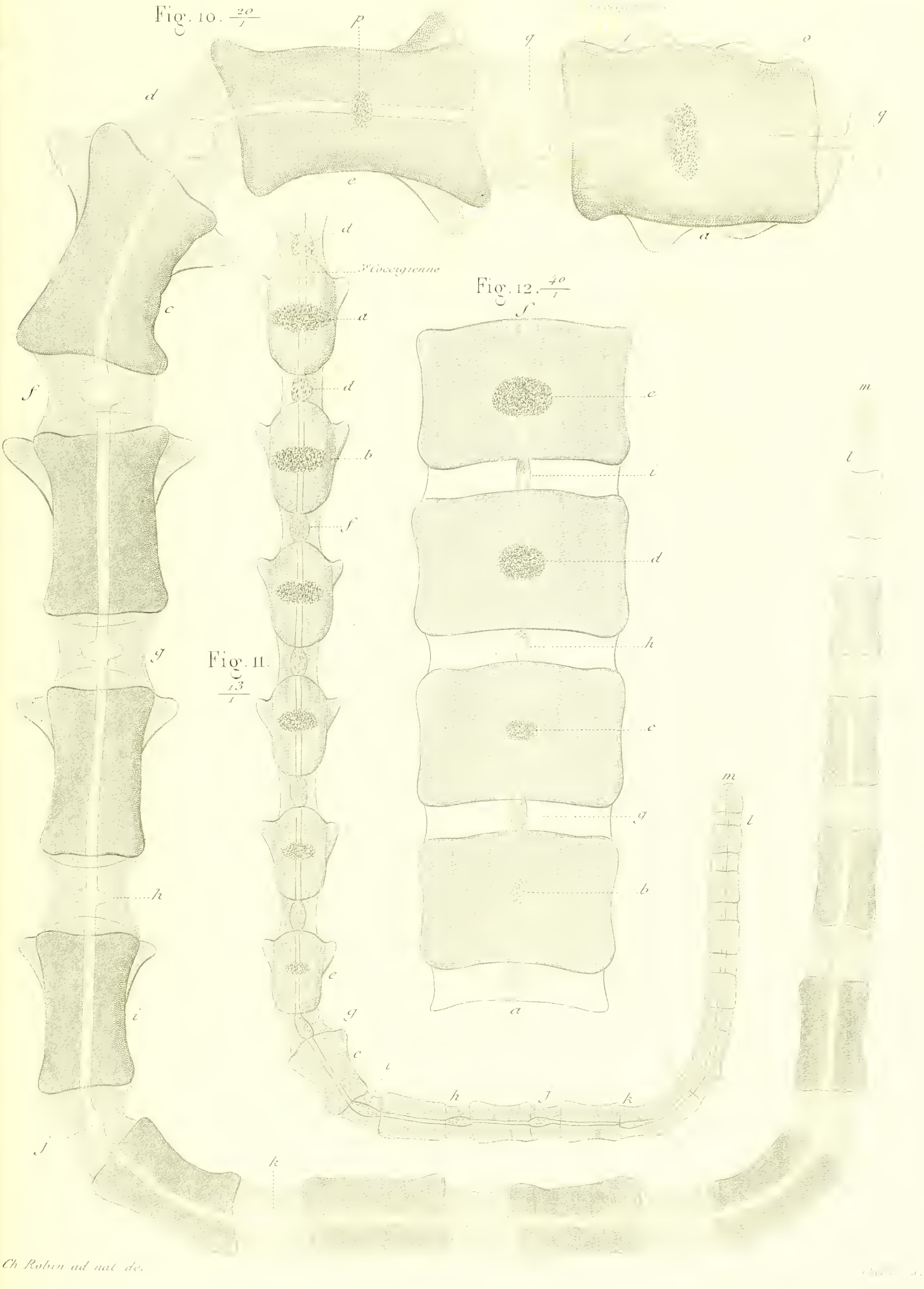



Fig. 9. $\frac{2.5}{1}$




Ch. Robin ad nat. del.

NOTOCORDE DU LAPIN.



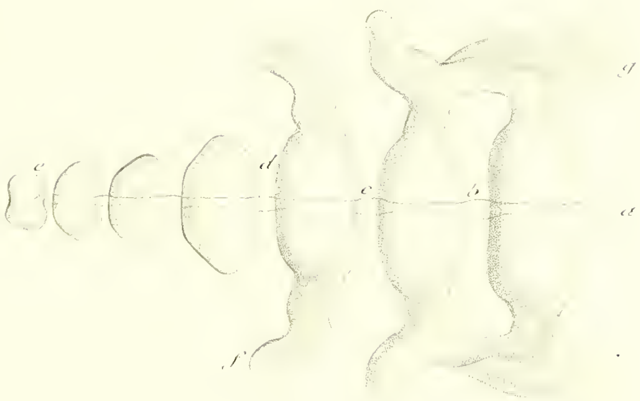

Ch. Robin ad nat. del.

NOTOCORDE DU VEAU, DU PORC ET DU MOUTON

Fig. 13. $\frac{11}{1}$



Fig. 14. $\frac{30}{1}$



*Ch. Robin ad nat. del.*

NOTOCORDE DU LAPIN ET DE L'HOMME

Fig. 17. $\frac{450}{1}$

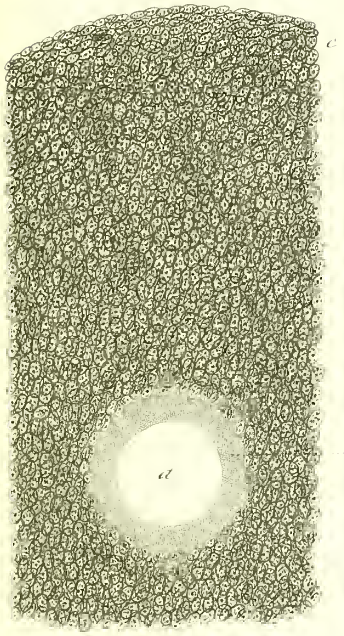



Fig. 16. $\frac{60}{1}$

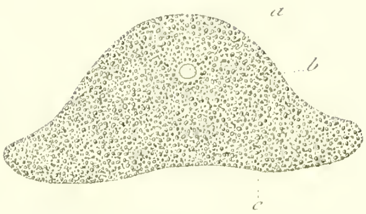



Fig. 15. $\frac{500}{1}$

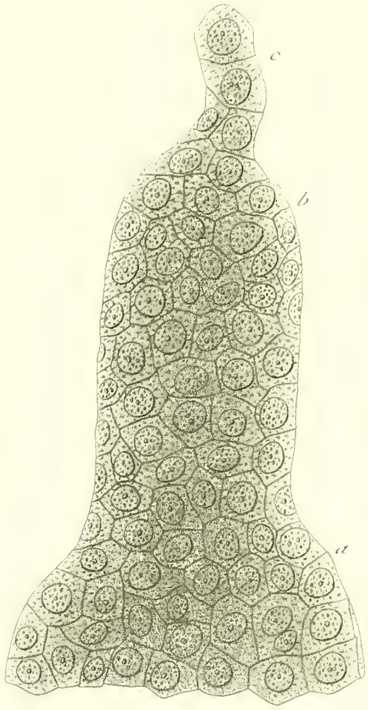



Fig. 18. $\frac{1}{1}$

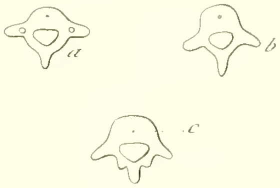



Fig. 19. $\frac{9}{1}$

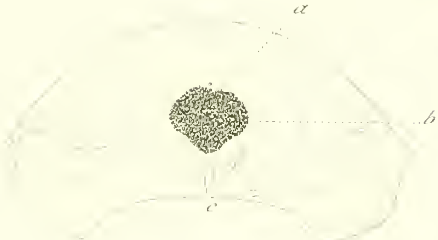



Fig. 20. $\frac{9}{1}$

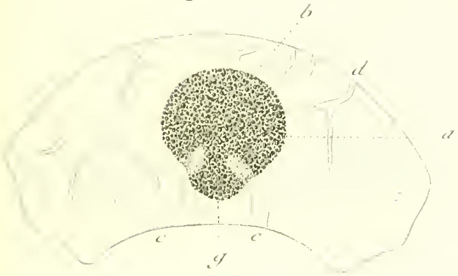



Fig. 21. $\frac{9}{1}$

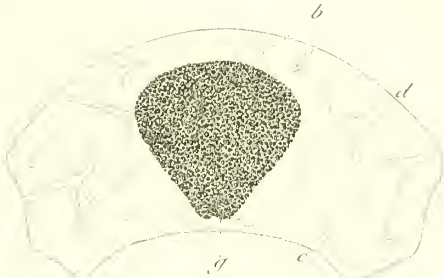



Fig. 23. $\frac{9}{1}$

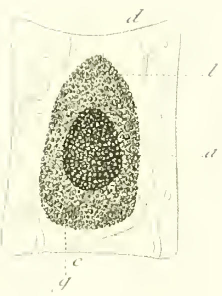



Fig. 22. $\frac{9}{1}$

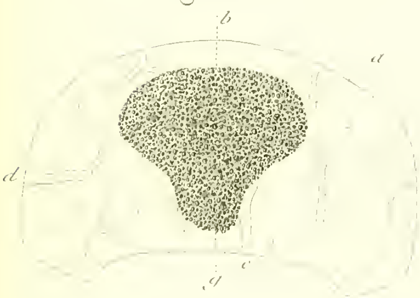
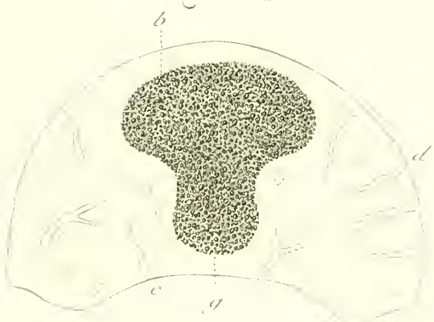



Fig. 24. $\frac{9}{1}$




Ch. Robin ad nat. del. Oudet sc.

NOTOCORDE ET POINTS D'OSSIFICATION DES VERTÈBRES DE L'HOMME

Fig. 25. $\frac{9}{1}$

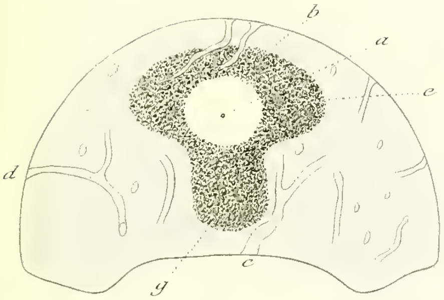



Fig. 27. $\frac{9}{1}$

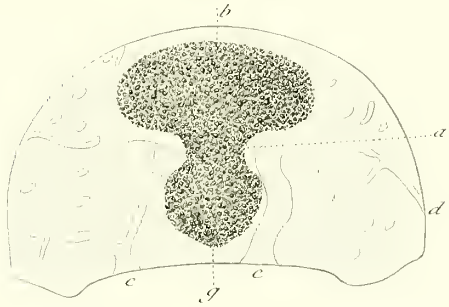



Fig. 26. $\frac{9}{1}$

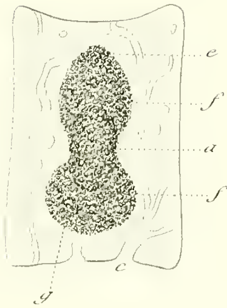



Fig. 31. $\frac{9}{1}$

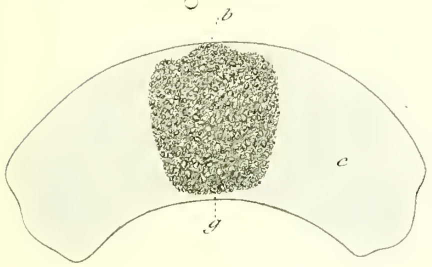



Fig. 28. $\frac{9}{1}$

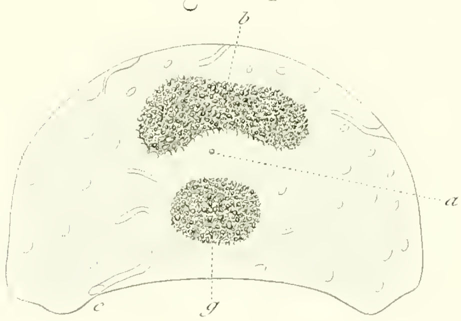



Fig. 29. $\frac{9}{1}$

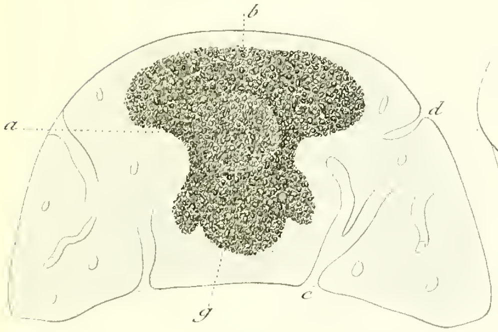



Fig. 32. $\frac{15}{1}$

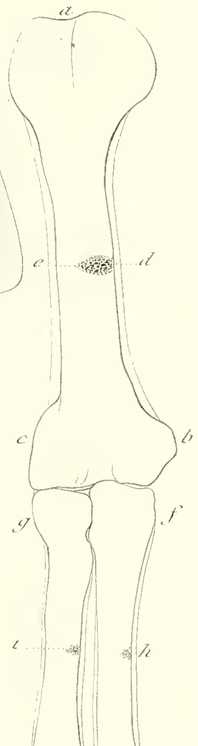



Fig. 33. $\frac{11}{1}$

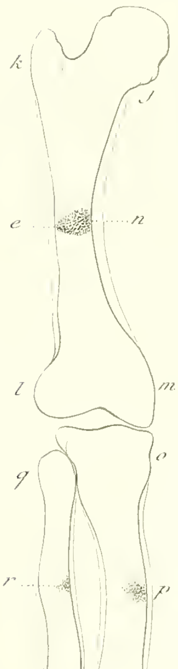



Fig. 30. $\frac{9}{1}$

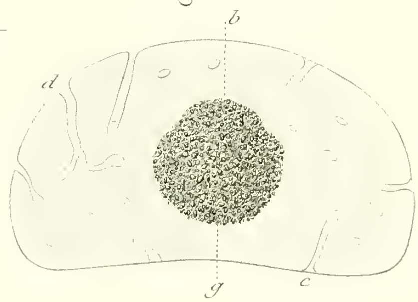



Fig. 34. $\frac{45}{1}$

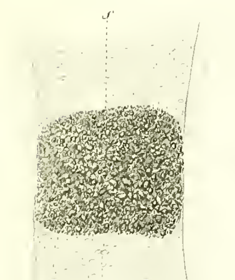



Fig. 35. $\frac{45}{1}$

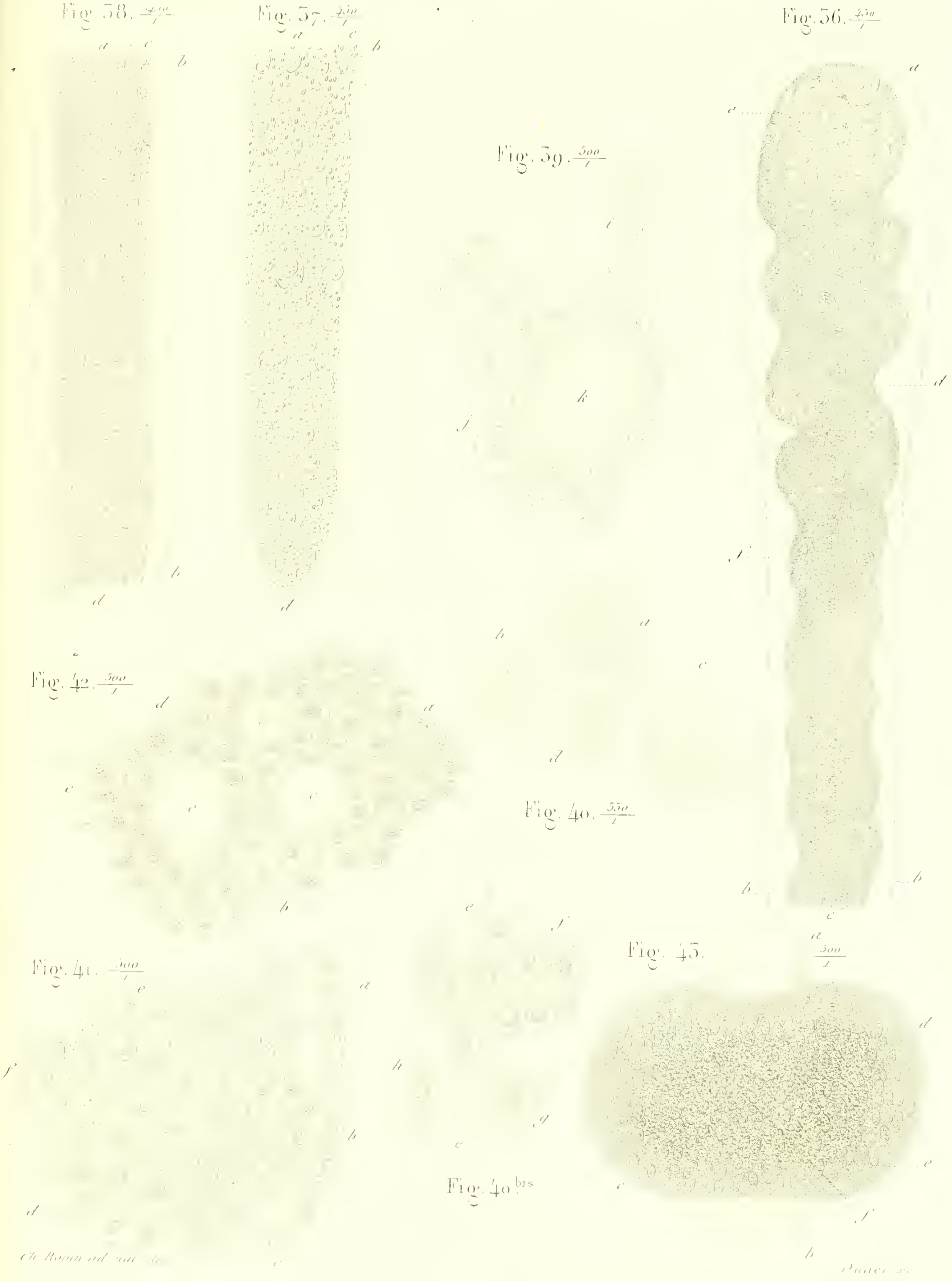



Ch Robin ad nat del

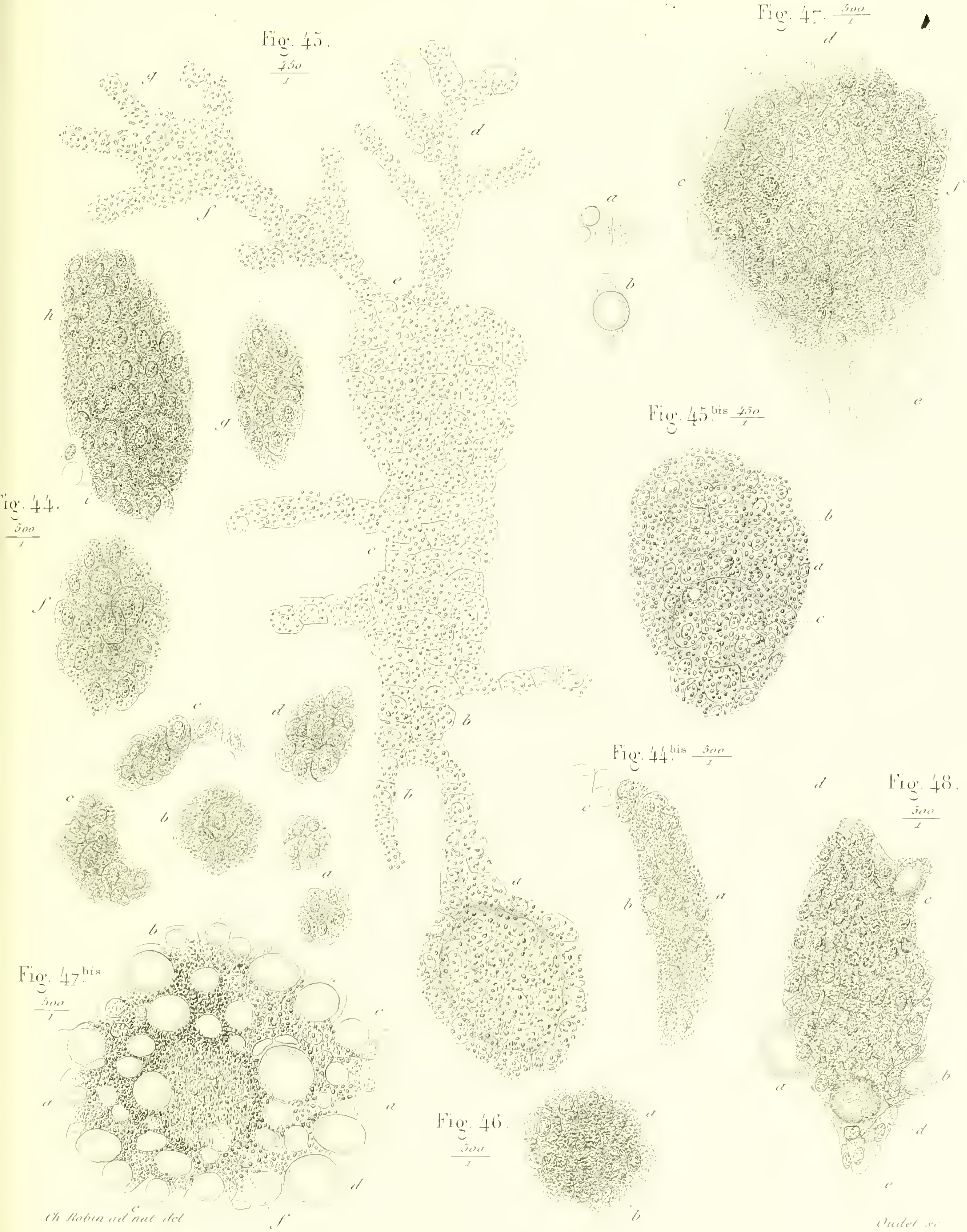
Oudet sc

OSSIFICATION DES VERTÈBRES DE L'HOMME.

Imp Ch Chardon aîné à Paris

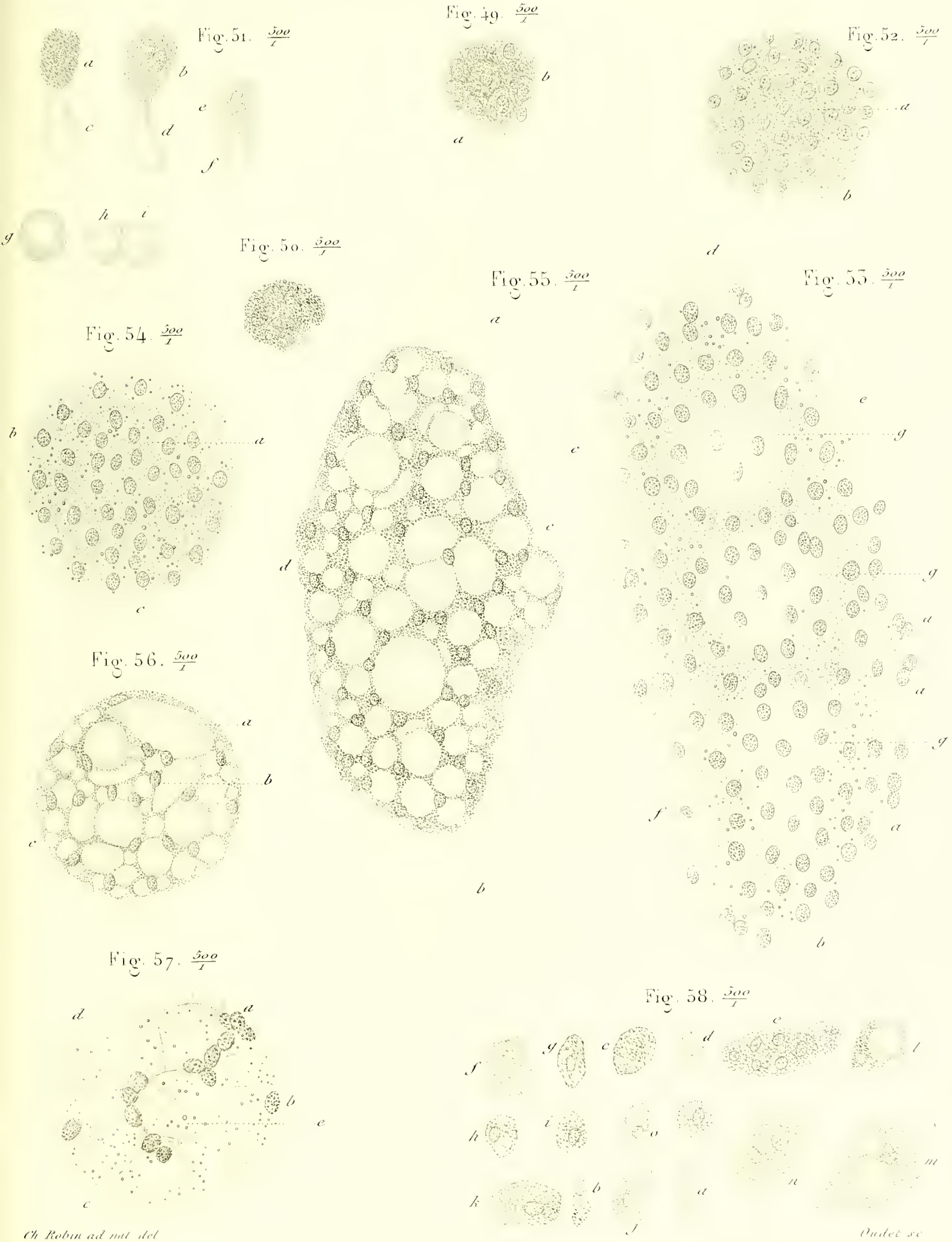



ÉLÉMENTS ANATOMIQUES DE LA NOTOCORDE ET DE SA GAINE.




MODIFICATIONS ÉVOLUTIVES DES CELLULES DE LA NOTOCORDE.

Imp. Ch. Chardon aîné à Paris.




Ch. Robin ad nat. del. Oudet sc.

MODIFICATIONS ÉVOLUTIVES DES CELLULES DE LA NOTOCORDE.

Imp. Ch. Chardon aîné à Paris.

Fig. 59. $\frac{500}{1}$

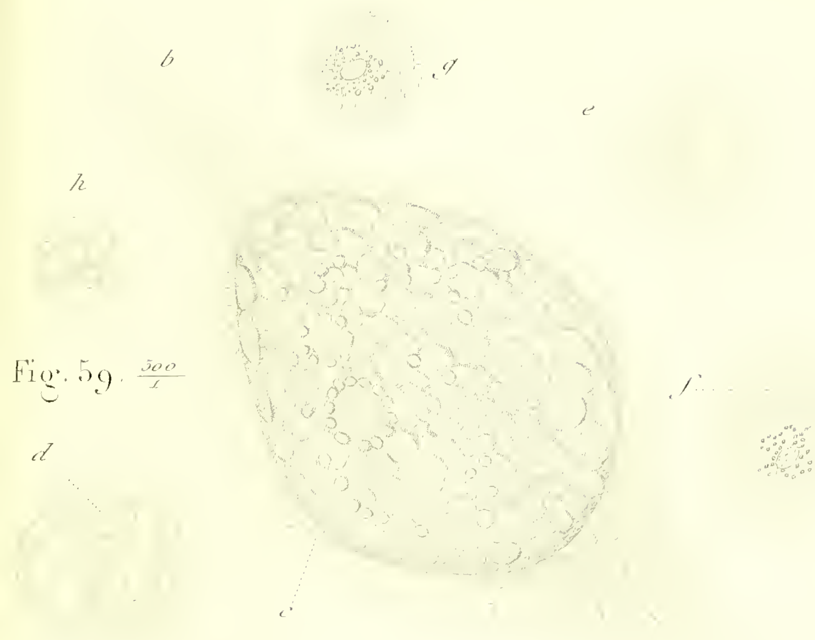


Fig. 60. $\frac{500}{1}$

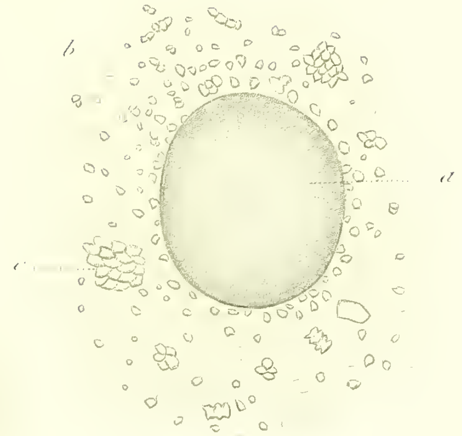


Fig. 61. $\frac{500}{1}$

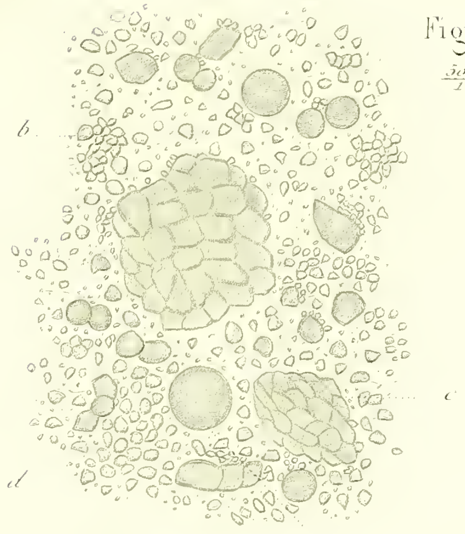


Fig. 62. $\frac{500}{1}$

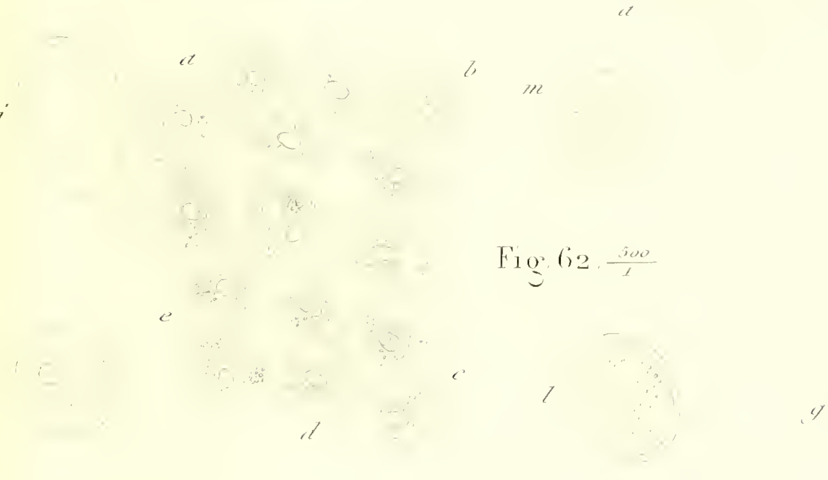


Fig. 65. $\frac{450}{1}$



Ch. Robin ad nat. del.

J. Quad sc.

MODIFICATIONS ÉVOLUTIVES DES CELLULES DE LA NOTOCORDE.

Imp. Ch. Chardon aîné, Paris.